Hobby skoop



NIEUWS VOOR HOBBYISTEN EN RADIO-AMATEURS

NR. 18 - MEI 1977

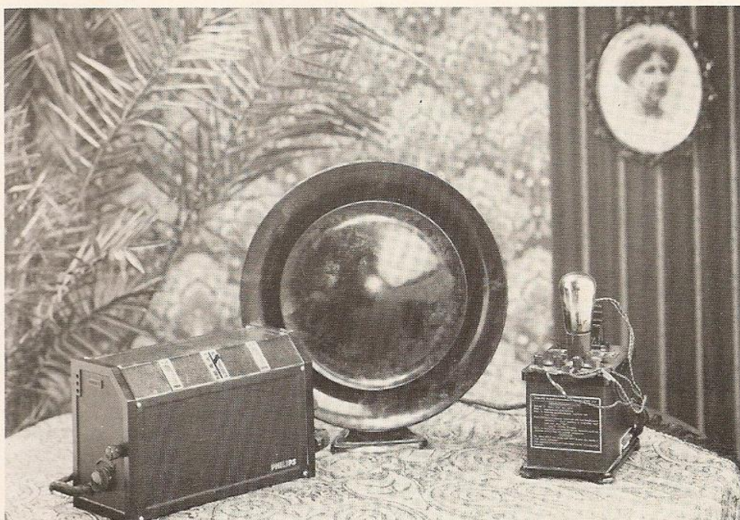
PHILIPS

Hobby skoop

NIEUWS VOOR HOBBYISTEN EN RADIO-AMATEURS

is een uitgave van Philips Nederland B.V. waarin nieuwe ontwikkelingen in de elektronica die interessant zijn voor amateurs en hobbyisten, gepubliceerd worden. Onder meer wordt aandacht besteed aan nieuwe toepassings- en combinatiemogelijkheden van Philips onderdelenpakketten.
Deze uitgave verschijnt drie à vier maal per jaar en is gratis verkrijgbaar bij de speciaalzaken in elektronica-onderdelen.
Toezending per post kan uitsluitend geschieden na storting of overschrijving van ƒ 5,— per vier nummers op postrekening 1143600 t.n.v. Philips Nederland B.V. te Eindhoven, onder vermelding van: abonnement Hobbyskoop.
Bij adreswijziging wordt inzending van de verbeterde adresband op hoge prijs gesteld.
Correspondentie betreffende de inhoud van Hobbyskoop kunt u richten aan Philips Nederland B.V., Redactie Hobbyskoop, Boschdijk 525, VB 1-36, Eindhoven. (Tel.: 040-782838).
Als u technische problemen heeft of aanvullende informatie wilt, kunt u schrijven of bellen naar Philips Nederland B.V., Hobbyskoop, Gagelstraat gebouw GC 150, Eindhoven (Tel.: 040-757479).
De abonnementenadministratie van Hobbyskoop is telefonisch bereikbaar onder nummer 040-782652. Het adres is: Philips Nederland B.V., Administratie Hobbyskoop, Boschdijk 525, VB 1-34, Eindhoven.
Voor algemene informatie over het Philips hobbyprogramma kunt u schrijven of bellen naar Philips Nederland B.V., afdeling Bouwdozen, VB 11-6, Eindhoven (Tel.: 040-782427).

INHOUD



Bij de omslagfoto

Een radio-ontvanginrichting anno 1927. Een radiotoestel met drie ,,lampen", een ,,plaatspanningsapparaat" dat voor de voeding zorgt en een luidspreker van het magnetodynamische type. Toch . . ., ondanks de overweldigende technische revolutie die sinds 1927 heeft plaatsgevonden, is er in wezen minder veranderd dan u denkt. De ,,lampen" hebben plaats gemaakt voor buizen en die weer voor transistors en geïntegreerde schakelingen. Magnetodynamische luidsprekers worden al jaren niet meer gemaakt en zijn vervangen door elektrodynamische typen. En ,,plaatspanningsapparaten" hebben het veld geruimd voor voedingseenheden. Maar nadat ontvanger, voeding en luidspreker jarenlang samengebouwd zijn geweest en ondergebracht in notehouten kasten, valt er toch een terugkeer te bespeuren naar deze oude opstelling, met losse luidsprekers en afzonderlijke ,,afstemeenheden". Zelfs de kasten zijn weer zwart geworden. En de voeding hoeft ook niet per se te worden ingebouwd, getuige het artikel ,,Eén voeding voor verschillende apparaten", dat u in dit nummer van Hobbyskoop kunt vinden.
Een en ander over de technische aspecten van luidsprekers kunt u lezen in het artikel ,,Welke luidspreker(s) hebben we nodig?".
Verder in dit nummer van Hobbyskoop een beschrijving van enkele nieuwe onderdelenpakketten, een nieuwe aflevering van ,,Theorie voor hobbyisten", een artikel over een presentieregeling met de omgebouwde toonregeleenheid R 6903, en nog veel meer wetenswaardigheden.

NIEUWE ONDERDELENPAKKETTEN

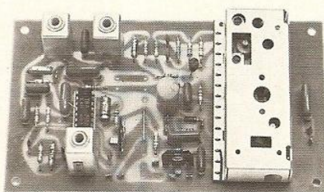
Het Philips programma onderdelenpakketten en bouwpakketten wordt voortdurend vernieuwd en uitgebreid. Eigenlijk wordt in dit programma de nieuwste stand van de elektronica steeds bijgehouden, waardoor ook de hobbyist direct contact heeft met nieuwe stromingen en technieken. Deze keer vragen wij uw aandacht voor een nieuwe FM-afstemeenheid, een stereodecoder, een 60-watt-versterker en een 4. . .11-watt-versterker.

Voordelige FM-tuner met diodeafstemming NL 1380

Alle mogelijkheden zijn aangewend om deze FM-afstemeenheid in de klasse van de laagst geprijsde tuners te houden met toch het behoud van een prima kwaliteit. Daartoe is veelvuldig gebruik gemaakt van in grote series vervaardigde en deugdelijk beproefde standaard-onderdelen, die volgens de modernste technieken worden gefabriceerd.

De kritische onderdelen in dit pakket zijn daardoor niet alleen zeer voordelig, maar bovendien in de praktijk al honderdduizenden malen opnieuw beproefd.

Met deze afstemeenheid (afbeelding 1) worden FM-zenders in het frequentiegebied van de Europese band (87... 104,5 MHz) uitstekend ontvangen. Zonder verdere toevoeging kan hiermee mono-ontvangst worden gerealiseerd. Stereo-ontvangst wordt verkregen in combinatie met de stereodecoder NL 1303.

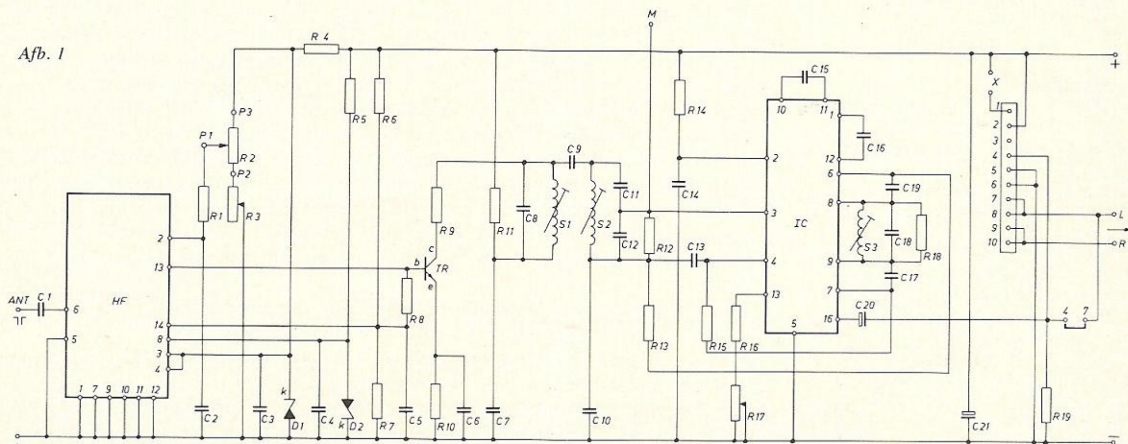


De FM-afstemeenheid NL 1380.

De zeer compacte bouw van deze FM-afstemeenheid is vooral te danken aan het feit dat enige delen in compacte units zijn ondergebracht. De HF-eenheid is reeds geheel gemonteerd en afgeregeld; de twee afgestemde kringen bevatten afstemdioden, waarvan de capaciteit wordt geregeld via een potmeter. Het MF-signaal van de uitgang van de HF-eenheid wordt, versterkt via een transistor, aan een MF-bandfilter toegevoerd. De feitelijke versterking is vrijwel geconcentreerd in de IC, waar ook de detectie plaatsvindt. Aan de uitgang is een LF-signaal beschikbaar dat versterkt kan worden via een potentiometer (R_{17}), die met de FM-afstemeenheid wordt meegeleverd. Wordt het geheel aangesloten op een eenvoudige gestabiliseerde voeding, dan is met zeer geringe kosten een goede ontvanger gemaakt voor mono-ontvangst.

In de printplaat waarop de gehele schakeling is opgebouwd, is een rij gaatjes aangebracht waarin een contactblokje (printconnector) kan worden gestoken. Op deze connector kan de stereodecoder NL 1303

Afb. 1

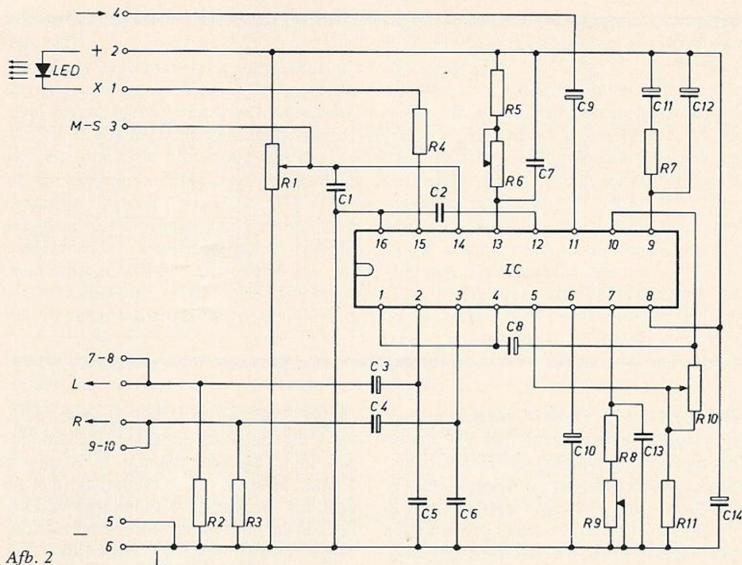


worden aangebracht, waarmee dus stereo-ontvangst wordt gerealiseerd. Het contactblokje wordt bij de decoder geleverd.

Behalve laag in aanschafprijs is de combinatie afstemeenheid/stereodecoder ook voordelig in de voeding. Bij 12 V gelijkspanningsvoeding is de stroom respectievelijk 47 en 50 mA, dus in totaal amper 100 mA.
Het gebruik van de potentiometer R_{17} als regelaar voor de versterking geldt uitsluitend bij de mono-toepassing. Bij stereo zal uiteraard een eigen volumeregeling van de versterker nodig zijn.

Technische gegevens

Voedingsspanning	: 9 à 12 V, gestabiliseerd
Stroomverbruik	: ongeveer 47 mA
Uitgangsspanning	: maximaal 300 mV (bij zwaai van 15 kHz)
Uitgangsimpedantie	: 5600 Ω
Ingangsimpedantie	: 75 Ω
Frequentiegebied	: 87 . . . 104,5 MHz
Gevoeligheid	: 1,25 μV bij 26 dB SR-verhouding (75 Ω ingang)
Afmetingen	: 143 × 82 × 35 mm

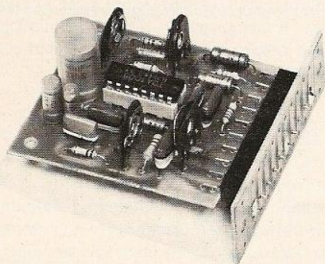


Afb. 2

IC-stereodecoder NL 1303

Voor de FM-afstemeenheden die gebouwd kunnen worden met de Philips onderdelenpakketten NL 1380, NL 7313 en NL 7301 F is de stereodecoder NL 1303 ontwikkeld. Deze decoder werkt volgens het „phase locked loop"-systeem (PPL), dat wil zeggen dat de decoder in faze gesynchroniseerd is. Dit systeem staat een zeer eenvoudige afregeling toe. Met de decoder worden dus uit het complete audiosignaal de geluidssignalen gevormd voor het linker- en het rechterkanaal van de stereo-ontvanginstallatie. Wordt er mono uitgezonden dan zullen de twee uitgangen van de decoder hetzelfde signaal afgeven.

Met de NL 1303 (afbeelding 2) wordt een automatische overschakeling van mono- naar stereo-ontvangst gerealiseerd op het moment dat er stereo wordt ontvangen. De stereo-ontvangst wordt aangegeven met een bijgeleverde lichtgevende diode (LED). Er is bij dit onderdelenpakket gebruik gemaakt van een moderne IC, namelijk de geïntegreerde schakeling TDA 1005, waarin de meeste elementen van de decoder zijn verenigd.
Zoals al in het bericht over de afstemeenheid NL 1303 werd gezegd, kan de decoder op de afstemeenheid worden aangesloten met een contactblokje, dat eenvoudig op de daarvoor ingerichte afstemeenheden kan worden aangesloten. Waar dit niet mogelijk is (bij voorbeeld in de afstemeenheid NL 7313) kan de aansluiting op conventionele wijze geschieden met behulp van een eveneens bijgeleverd verloopprintplaatje.



De IC-stereodecoder NL 1303.

Technische gegevens:

Kanaalscheiding	: 40 dB
Versterking	: ongeveer 1,7 ×
Ingangsspanning	: minimaal 80 mV, maximaal 150 mV (bij zwaai van 15 kHz)
Voedingsspanning	: 12 à 15 V
Stroomverbruik	: 50 mA (inclusief LED)
Vervorming	: 0,2%
Afmetingen	: ongeveer 60 × 55 × 30 mm

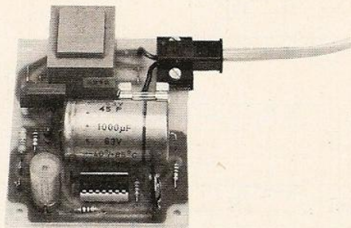
Gestabiliseerde voedingseenheid NL 2705

Er is weer een nieuwe, kleine voedingseenheid toegevoegd aan het Philips programma onderdelenpakketten. Deze gestabiliseerde voedingseenheid is vooral bedoeld voor het voeden van schakelingen die niet te veel stroom vragen, zoals afstemeenheden. De uitgangsspanning kan worden ingesteld tussen 9 en 15 V of, na het veranderen van enkele doorverbindingen op het montageplaatje, tussen 15 en 28 V. De stroom die mag worden afgenomen hangt enigszins af van het ingeschakelde spanningsgebied. Tussen 9 en 12 V kan de NL 2705 maximaal 100 mA leveren; tussen 12 en 24 V maximaal 60 mA. Bij nog hogere spanningen (tot 28 V) staat maximaal 40 mA ter beschikking. Zie ook bijgaand grafiekje (afbeelding 3).

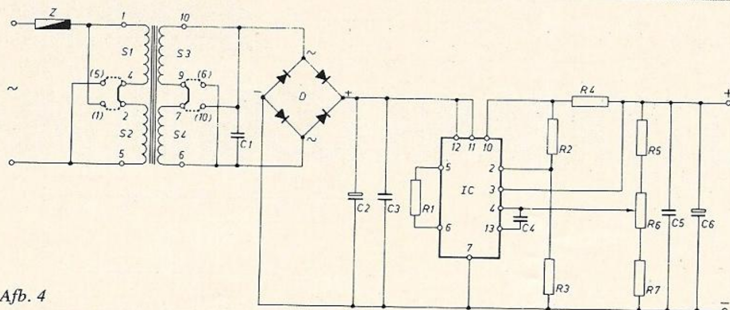


Afb. 3

De nettransformator is helemaal ingegoten. Daardoor is hij niet alleen aanrakingsveilig, maar de windingen zijn ook goed beschermd tegen uitschietende schroevedraaiers en dergelijke.
Voor het stabiliseren van de uitgangsspanning op de ingestelde waarde zorgt een speciaal voor dit doel ontwikkelde geïntegreerde schakeling (type μA 723CA;



De gestabiliseerde voedingseenheid NL 2705.



zie afbeelding 4). Deze IC zorgt er niet alleen voor dat de uitgangsspanning nauwkeurig constant blijft bij wisselende belasting en variërende netspanning, hij beveiligt de voeding ook tegen kortsluiting van de uitgang. Er kan dus niets gebeuren als per ongeluk ergens kortsluiting ontstaat. Beveiliging van de voeding tegen langdurige overbelasting gebeurt door middel van een smeltveiligheid.

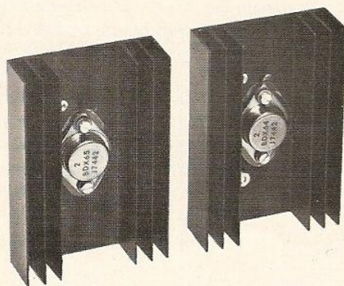
De NL 2705 wordt geheel compleet geleverd, mèt netsnoer en steker. De afmetingen zijn ongeveer 90 mm x 70 mm x 30 mm. Hoewel dat in Nederland niet zo vaak zal voorkomen, kan het toch makkelijk zijn dat de voeding ook geschikt is voor 110 V netspanning, en natuurlijk voor 220 V.

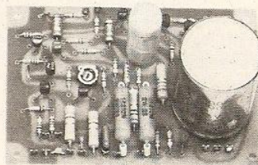
Deze voeding is, zoals gezegd, vooral geschikt voor het voeden van AM- en FM-afstemeenheden (eventueel met stereodecoder), zeker als deze zijn uitgerust met diode-afstemming. De uitgangsspanning van de NL 2705 is namelijk zeer stabiel, zodat het verlopen van de afstemming als gevolg van spanningsverandering niet zal optreden. Maar ook andere apparaten, zoals meetapparaatjes, voorversterkers en kleine mengversterkers, kunnen uitstekend uit deze eenheid worden gevoed.

60-watt-HiFi-eindversterker NL 3606

Voor versterkers met een aanzienlijk uitgangsvermogen, die aan HiFi-kwaliteitseisen moeten voldoen, zijn speciale voorzieningen nodig om het toestel de vereiste betrouwbaarheid en bedrijfszekerheid te geven. Daaraan is in dit onderdelenpakket alle aandacht besteed. Zo wordt in de eindtrap gebruik gemaakt van zogenaamde darlington-transistors die speciaal voor HiFi-toepassingen bij grotere vermogens zijn ontwikkeld. Een speciale schakeling beveiligt de versterker tegen overbelasting of kortsluiting.

Deze eindversterker is geschikt om te worden gekoppeld met voorafgaande eenheden als stuurversterker (bij voorbeeld de stereostuurversterker NL 6923) of volgversterker (bij voorbeeld NL 7412), die minimaal 400 mV kunnen afgeven bij een uitgangsimpedantie van 15 kΩ of minder. Achter de ingang van de versterker is een RC-filter opgenomen om te voorkomen dat radiosignalen op de versterker komen (afbeelding 5). Via een dubbele transistortrap, die wordt gestabiliseerd door middel van een derde transistor, komt het signaal bij de twee darlington-transistors, die samen een serie-balanseindtrap vormen.

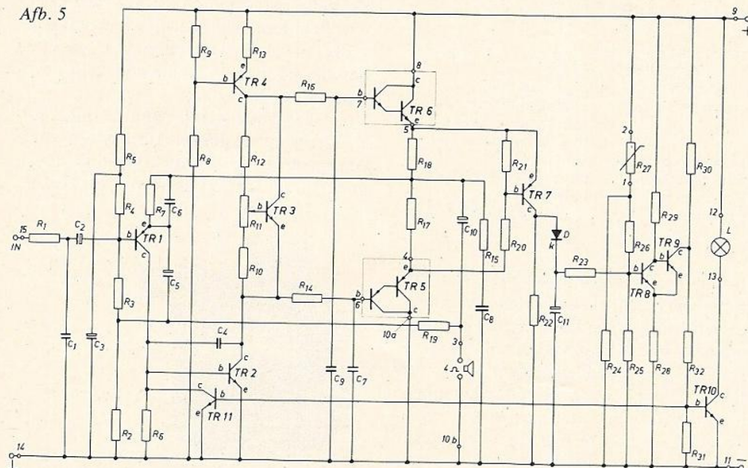




De koelplaten van de darlington-transistors in de 60-watt-HiFi-eindversterker NL 3606 (links op de foto).

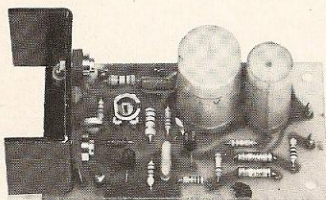
De darlington-transistors worden gekoeld door speciaal geprofileerde en gezwarte aluminium koelplaten (zie foto). Op de koelplaat van een der darlington-transistors is een NTC-weerstand gemonteerd, die is opgenomen in een beveiligingscircuit dat bij overbelasting de versterker in feite uitschakelt. Dit geschiedt door middel van een tot elektronische schakelaar gekoppeld transistorpaar. Deze schakelaar treedt ook in werking als het signaal een bepaalde grootte overschrijdt.

De versterker is geschikt voor luidsprekers of luidsprekercombinaties van 4 . . 8 Ω. Bij 4 Ω wordt het optimale vermogen afgegeven, een lage impedantie is niet toegestaan, en doet de veiligheidsschakeling in werking treden. Een hogere impedantie dan 8 Ω geeft geen nadelige gevolgen. Uiteraard zal de belastbaarheid van de luidspreker(s) minimaal 60 W moeten zijn.



Technische gegevens

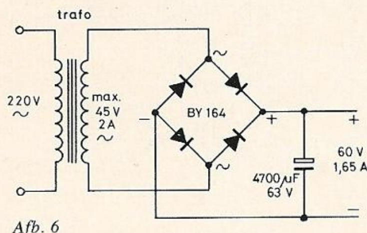
Vermogen:	60 W (4 Ω bij 1% harmonische vervorming); 50 W (4 Ω bij 0,1%); 35 W (8 Ω bij 0,1%)
Frequentiegebied:	20 Hz...80 KHz (–3 dB)
Vervorming:	0,1% (50 W bij 4 Ω en 35 W bij 8 Ω)
Intermodulatie-vervorming:	0,18% (40 Hz en 10 kHz; 4 : 1; bij 50 W equiv.)
Stoorniveau:	–100 dB ten opzichte van 50 W
Gevoeligheid:	400 mV (voor 50 W)
Ingangsimpedantie:	150 kΩ
Belastingsimpedantie:	minstens 4 Ω
Voedingsspanning:	60 V
Stroomverbruik:	maximaal 1,65 A (4 Ω); maximaal 0,9 A (8 Ω)
Afmetingen montageplaat:	112 x 77 x 55 mm



De universele 4...11-watt-versterker NL 3407.

Voedingsschakeling voor 60-W - HiFi-versterker

Uiteraard moet de voeding voor een grote eindversterker voldoende vermogen bezitten. Gebruik kan worden gemaakt van de gestabiliseerde voedingseenheid uit het Philips onderdelenpakket NL 6924.
Met betrekkelijk eenvoudige middelen is ook een ongestabiliseerde voeding samen te stellen die zich goed voor dit doel leent. Een schemaatje wordt hier als voorbeeld bij gegeven (afbeelding 6). De voedingstrafo moet secundair 45 V wisselspanning bij minimaal 2 A kunnen leveren. Als gelijkrichter wordt het type BY 164 gekozen. De aangegeven waarde voor de elektrolytische condensator is de minimumwaarde.



Afb. 6

Universele 4...11-watt-versterker NL 3407

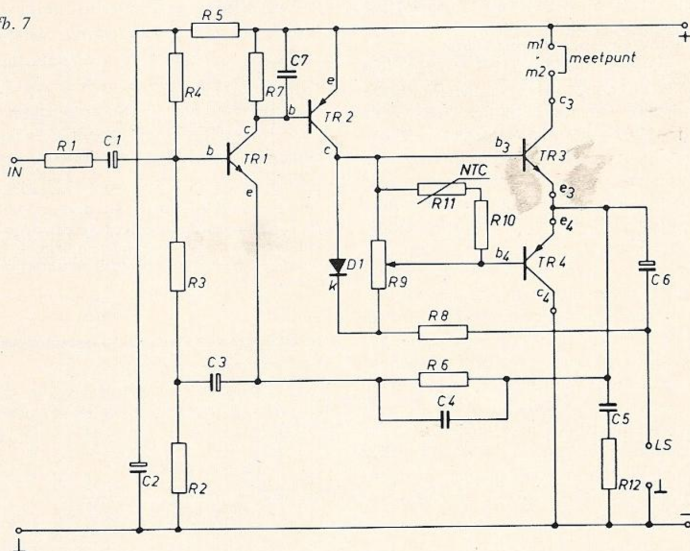
In feite is deze universele versterker een vertrouwde en veelgevraagde mogelijkheid uit de reeks Philips onderdelenpakketten. Het is namelijk de gemoderniseerde en verbeterde uitvoering van de versterker die voorheen werd gebouwd uit het onderdelenpakket NL 7401. De voornaamste verbetering bestaat hieruit, dat de versterker nu is uitgevoerd met silicium eindtransistors (zie afbeelding 7), die slechts een kleine koelplaat nodig hebben. Er zijn tal van toepassingsmogelijkheden.

De gevoeligheid en de ingangsimpedantie maken de versterker bij voorbeeld geschikt voor het gebruik met afstemeenheden en een stereodecoder, of, in combinatie met de universele voorversterker R 6905, voor alle normale signaalbronnen, waaronder HiFi-toonopnemers en microfoons. Andere mogelijkheden zijn bij voorbeeld om de versterker te combineren met een toonregeleenheid R 6903, die direct vóór de sterkteregelaar wordt geschakeld, met een ruis- en dreunfilter voor het onderdrukken van ruis en ongewenste lage tonen, en tenslotte met een universele voorversterker R 6905, waarmee het totaal ook geschikt is voor onder meer magneto-dynamische, elektrodynamische en HiFi-keramische toonopnemers, en microfoons (afbeelding 8).
De versterker dient bij stereo uiteraard in tweevoud te worden gebruikt. Als daarbij een ingang voor magneto-dynamische toonopnemers nodig is, dan kan gebruik worden gemaakt van de stereo-toonopnemer-voorversterker NL 3403.
De frequentiekarakteristiek (afbeelding 8) toont dat bij een uitgangsvermogen van 100 mW het frequentiegebied loopt van 32...85 000 Hz. Hierbij is gebruik gemaakt van een 4 Ω-luidspreker. Bij gebruik van een 8 Ω-luidspreker liggen de punten in de kromme van –3 dB bij 20 en 85 000 Hz.

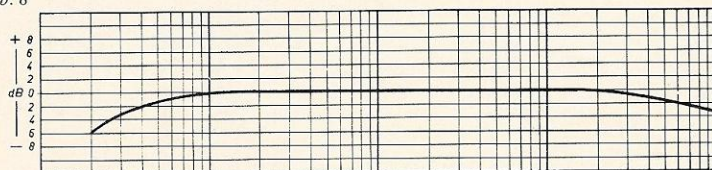
Technische gegevens

Voedingsspanning:	12...18 V (min aan massa)
Stroomverbruik:	maximaal 810 mA (bij 18 V)
Vermogen:	maximaal 11 W (bij 18 V)
Gevoeligheid:	100 mV
Ingangsimpedantie:	80 kΩ
Belastingsimpedantie:	4 Ω
Volumeregelaar: (niet bijgevoegd)	100 kΩ
Frequentiegebied:	20...85 000 Hz (–3 dB)
Afmetingen montageplaat:	95 x 46 x 40 mm

Afb. 7



Afb. 8



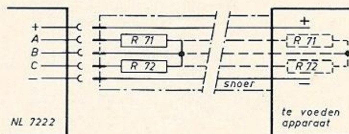
Eén voeding voor verschillende apparaten

Er zijn twee soorten voedingsapparaten, namelijk vaste, die in een apparaat worden gebouwd en altijd uitsluitend dat ene apparaat voeden, en universele, die worden gebruikt om verschillende apparaten te kunnen voeden. Van de vaste voedingsapparaten wordt de spanning eenmalig ingesteld, maar bij de universele voedingen is het erg gemakkelijk als de spanning instelbaar of regelbaar is, omdat nu eenmaal niet elk apparaat dezelfde voedingsspanning nodig heeft. Vooral de Philips voedingseenheid type NL 7222 blijkt dikwijls als universele voeding te worden gebruikt. De eenheid wordt dan netjes in een kastje gebouwd, bij voorbeeld Montaflex 2DZ, en voorzien van een voltmeter en een potentiometer voor het instellen van de gewenste uitgangsspanning. Wanneer echter een bepaalde reeks steeds dezelfde apparaten, met verschillende voedingsspanningen, uit de NL 7222 moet worden gevoed, is een automatische instelling van de voedingsspanning bij het aansluiten van zo'n apparaat te prefereren. Hoe dat gaat, vertellen wij u in dit artikel.

Automatische spanningsinstelling

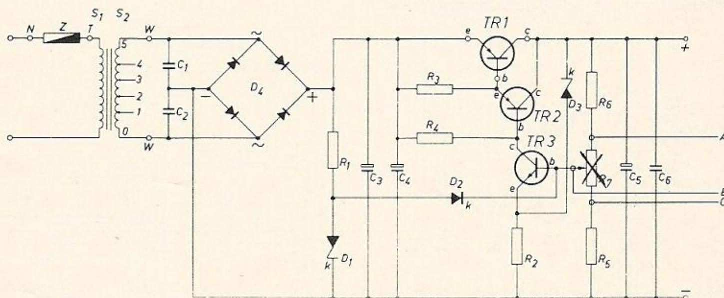
De apparaten, die door de NL 7222 gevoed moeten kunnen worden, kunnen het beste met behulp van een vijfpolige DIN-steker op de voeding worden aangesloten. Twee van de pennen worden gebruikt voor plus en min en tussen de overblijvende drie pennen wordt een eenvoudig weerstandsnetwerkje gemonteerd, zoals in afbeelding 1 is getekend. De twee weerstanden vervangen de instelpotentiometer R_7 van de NL 7222. Deze moet dan ook niet worden gemonteerd (zie afbeelding 2). Zodra de vijfpolige steker in het op de voeding gemonteerde chassisdeel wordt gestoken, nemen de twee weerstanden de taak over van de instelpotentiometer. Door de juiste weerstandswaarden te kiezen, kan de voedingsspanning op de waarde worden gebracht die het te voeden apparaat nodig heeft. De waarden van de weerstanden staan in de tabel.

Uitgangsspanning	R_{71}	R_{72}
6 V	560 Ω	68 Ω
7,5 V	390 Ω	150 Ω
9 V	330 Ω	220 Ω
12 V	180 Ω	330 Ω
14 V	120 Ω	330 Ω



Afb. 1: Het weerstandsnetwerk dat de uitgangsspanning van de voedingseenheid bepaalt kan in de steker of in het te voeden apparaat worden ondergebracht.

Afb. 2: Schema van voedingseenheid NL 7222, waarvan de instelpotentiometer R_7 niet gemonteerd is.

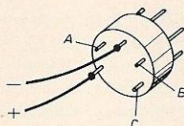


Elk apparaat dat uit de „programmeerbare" voeding moet kunnen worden gevoed, wordt uitgerust met een snoer dat voorzien is van een vijfpolige DIN-steker. De twee weerstanden kunt u proberen onder te brengen in de steker. In dat geval dient u er goed op te letten dat geen van de drie aansluitpunten van het weerstandsnetwerkje (A, B en C in afbeelding 1) contact maakt met het huis van de steker of met de plus- of minaansluiting. Het snoer naar het te voeden apparaat kan nu tweeaderig zijn. Een tweede mogelijkheid, die wat minder priegelwerk vereist, is gestippeld getekend in afbeelding 1. Het weerstandsnetwerkje is hierbij in het te voeden apparaat gemonteerd. Tussen de DIN-steker links en het te voeden apparaat heeft u nu wel een vijfaderig snoer nodig.

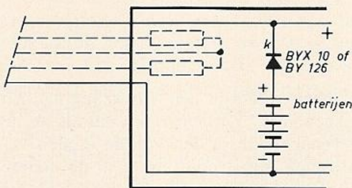
In het eerste geval, dus als u de weerstandjes in de steker monteert, kunt u het snoer beter vast met het te voeden apparaat verbinden. Anders zou het kunnen gebeuren dat u het verkeerde snoer gebruikt en het apparaat dus met een verkeerde spanning wordt gevoed.

Als u daarentegen de weerstandjes in het apparaat zelf onderbrengt, kunt u een universeel type snoer voor alle te voeden apparaten gebruiken. Dan kunt u dus wel het snoer losneembaar maken aan de kant van het te voeden apparaat, bij voorbeeld met een tweede DIN-steker-buscombinatie.

In afbeelding 2 is het schema van de voedingseenheid NL 7222 weergegeven, met daarin de punten A, B en C die corresponderen met de punten A, B en C in afbeelding 1. Deze punten mogen beslist niet verwisseld worden. A wordt dus verbonden met de „onderkant" van R_6, B met de basis van TR_3 en C met de „bovenkant" van R_5. De instelpotentiometer mag niet worden aangebracht.
Hetzelfde kan natuurlijk worden gedaan met andere voedingseenheden waarvan de uitgangsspanning regelbaar is. Ook dan moet de (instel)potentiometer worden vervangen door twee vaste weerstanden die *samen* ongeveer dezelfde weerstandswaarde moeten hebben als de oorspronkelijke potentiometer. De *verhouding* tussen de weerstandswaarden, die de uitgangsspanning bepaalt, kan proefondervindelijk worden vastgesteld. Heeft de oorspronkelijke potentiometer dus een waarde van 1000 Ω, dan kunt u experimenteren met de volgende weerstandscombinaties: 820 Ω + 100 Ω, 820 Ω + 120 Ω, 820 Ω + 220 Ω, 680 Ω + 330 Ω, 680 Ω + 390 Ω, 560 Ω + 470 Ω, 470 Ω + 470 Ω, 470 Ω + 560 Ω, en zo voort tot en met 100 Ω + 820 Ω.



Afb. 3: Aansluiting van een vijfpolige DIN-steker; de pennen zijn verdeeld over een hoek van circa 270° (geen 180°).



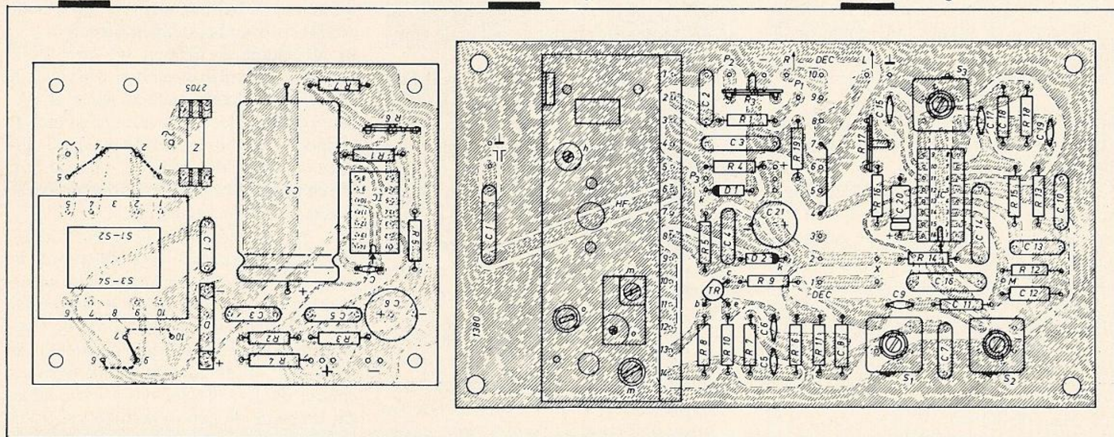
Afb. 4: Als een apparaat normaal uit ingebouwde batterijen wordt gevoed, moet in serie met de batterije een diode worden opgenomen.

Als u een apparaat, dat normaal uit (ingebouwde) batterijen wordt gevoed op de beschreven wijze uit een voedingseenheid wil voeden, moet in serie met de batterijen een diode worden opgenomen die voorkomt dat de stroom uit het voedingsapparaat probeert de batterijen op te laden. Batterijen zijn niet bestand tegen de stroom in verkeerde richting die hiervan het gevolg is. Gebruik hiervoor een diode type BYX 10 voor stromen tot 500 mA en type BY 126 voor stromen tot 1 A. De manier waarop de diode moet worden aangesloten is weergegeven in afbeelding 4.
Gebruik bij voorkeur geen DIN-stekers waarvan de vijf pennen over een hoek van 180° verdeeld zijn, omdat dit verwarring kan geven met de stekers die aan platenspelers en dergelijke zitten. Er zijn echter ook DIN-stekers en -bussen waarvan de vijf pennen ruimer gespreid zijn. Sluit deze stekers aan zoals in afbeelding 3 is getekend.

Goede stereo-FM-afstemeenheid voor een aantrekkelijke prijs

Elders in dit nummer van Hobbyskoop staat een beschrijving van onder andere de nieuwe onderdelenpakketten: FM-afstemeenheid NL 1380, stereodecoder NL 1303 en voedingseenheid NL 2705. Met deze drie onderdelenpakketten kan een goede stereo-FM-afstemeenheid worden samengesteld voor een zeer redelijke prijs. Ook de behuizing hoeft geen probleem te vormen omdat binnenkort een Montalux-kast zal worden uitgebracht waarin de drie eenheden uitstekend passen. Het nummer van deze kast is ML 250 H of S en de afmetingen zijn ongeveer 250 mm × 120 mm × 90 mm. In de afbeelding staan de afmetingen van de drie eenheden, waaruit blijkt dat de complete FM-afstemeenheid bij de getekende opstelling keurig in de kast past. In één van de komende nummers van Hobbyskoop zullen wij een stereoversterker, opgebouwd uit onderdelenpakketten, beschrijven die in dezelfde Montalux-kast past. Samen vormen de hier beschreven stereo-FM-afstemeenheid en de stereoversterker een complete stereo-installatie voor een betaalbare prijs, ondergebracht in twee bij elkaar passende kasten.

Bij deze opstelling past de complete stereo-FM-afstemeenheid uitstekend in de nieuwe Montalux-kast type ML 250 H of S.



Theorie voor hobbyisten (VII)

Theorie van elektriciteit en elektronica populair uitgelegd

De voorgaande aflevering van „Theorie voor Hobbyisten" voerde ons langs de gelijkrichters en de voedingsapparaten. Daarbij kwam ook de gelijkrichtdiode aan de orde en we hebben gezien dat tegenwoordig voor het gelijkrichten van wisselstromen vrijwel altijd halfgeleiderdioden worden gebruikt. Zo zijn we vrijwel ongemerkt bij de halfgeleiders aangeland. In deze aflevering zullen we dat pad nog even volgen, want behalve dioden zijn er nog veel andere soorten halfgeleiders, waarvan de bekendste ongetwijfeld de transistors zijn.

De ontdekking van de transistor

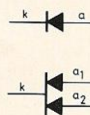
Aan het einde van de veertiger jaren werden halfgeleiderdioden vrijwel niet meer gebruikt. Weliswaar werd deze diode door amateurs veel gebruikt om eenvoudige ontvangertjes in elkaar te knutselen, die zij kristalontvangers noemden (de halfgeleiderdiode heette toen „kristaldetector"), maar verder kwamen ze alleen voor in radartoestellen en enkele andere microgolfapparaten. In alle andere gevallen gebruikte men elektronenbuisdioden.

In 1948 waren Bardeen en Brattain in Amerika bezig met het ontwikkelen van een dubbele halfgeleiderdiode, die voor een bepaald doel nodig was. In afbeelding 1 hebben we het schemasymbool van een enkelvoudige halfgeleiderdiode getekend, dat we ook in de vorige aflevering al tegenkwamen. Eronder staat een schematisch weergegeven dubbele diode. De twee dioden hebben een gemeenschappelijke katode. De enkelvoudige diode kan alleen maar gelijkrichten, dus de stroom in één richting doorlaten en in de andere richting blokkeren. Maar de dubbele diode kan meer. Dat ontdekten Bardeen en Brattain toen ze hun dubbele diode in een schakeling hadden opgenomen. Ze bemerkten dat als ze de stroomsterkte in één van de dioden varieerden, de stroomsterkte in de andere diode nog meer varieerde, zonder dat ze iets aan de spanning over die tweede diode veranderden. Ze konden dus een kleine stroomverandering omzetten in een grote en dat is *versterken*. De beide geleerden hebben dus min of meer bij toeval ontdekt dat je met een dubbele halfgeleiderdiode signalen kon versterken en ze noemden het nieuwe element *transistor*.

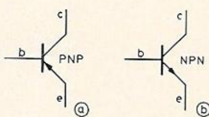
In de praktijk wordt een transistor niet getekend als een dubbele diode maar zoals in afbeelding 2 is gedaan. Met een beetje goede wil is in het schemasymbool van de PNP-transistor (afbeelding 2a) de dubbele diode van afbeelding 1 te herkennen. De gemeenschappelijke katode noemen we de *basis* van de transistor, de bovenste anode de *collector* en de onderste anode de *emitter*.

We kunnen ook een dubbele diode maken waarvan de anoden met elkaar verbonden zijn. We krijgen dan een zogenaamde NPN-transistor, waarvan het schemasymbool in afbeelding 2b is weergegeven. Het enige verschil met het schemasymbool van de PNP-transistor is dat de pijl in de emitter de andere kant opwijst.

NPN- en PNP-transistors lijken wat hun gedrag betreft sterk op elkaar. Ze kunnen allebei versterken. Maar bij een PNP-transistor moet de voedingsspanning andersom worden aangesloten dan bij een NPN-transistor. Daarom moeten we deze twee typen goed uit elkaar houden en mogen we een PNP-type nooit vervangen door een NPN-type, ook niet als alle andere eigenschappen gelijk zijn.



Afb. 1



Afb. 2

Er is nog een verschil dat transistors onderscheidt: het materiaal waarvan ze gemaakt zijn. In het begin van het transistortijdperk was dat altijd *germanium*, maar langzamerhand is men steeds vaker *silicium* gaan gebruiken. Silicium transistors hebben het voordeel dat ze van zichzelf stabieler zijn dan germanium transistors, waardoor ze in het algemeen met wat minder voorzorgen in de schakeling kunnen worden opgenomen. Maar op het ogenblik komen beide soorten naast elkaar voor, soms zelfs in één en dezelfde schakeling.

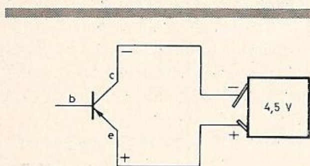
Wat doet een transistor?

De werking van een transistor is geen eenvoudige zaak. Gelukkig is het niet nodig precies te weten wat er in zo'n transistor gebeurt om hem te kunnen gebruiken. Het is voldoende te weten dat een gangbare transistor een huisje is met drie aansluitingen die verbonden zijn met de emitter, de basis en de collector. Deze aansluitingen mogen niet verwisseld worden, want in het gunstigste geval zal de schakeling dan niet werken en in het ongunstigste geval raakt de transistor onherstelbaar defect.

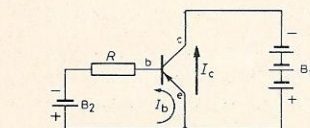
In afbeelding 3 hebben we een PNP-transistor (de pijl in de emitter wijst naar de basis) aangesloten op een platte 4,5-V-batterij; de collector is verbonden met de minpool, de emitter met de pluspool. We laten in het midden of het een germanium of een silicium transistor betreft, want dat maakt hier geen verschil.

Wat gebeurt er nu in deze eenvoudige transistorschakeling? Het antwoord is: niets. Op een klein lekstroompje na zal geen stroom gaan lopen. Dat is ook logisch als we bedenken dat de stroom de twee dioden zou moeten doorlopen, namelijk de diode die wordt gevormd door basis en emitter en de collector-basisdiode. Doordat de beide dioden de katode (de basis) gemeenschappelijk hebben, zal altijd één

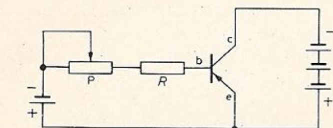
van de twee de stroom blokkeren. In dit geval is dat de collector-basis-diode.
De situatie wordt radicaal anders als we door de basis-emitterdiode een stroompje sturen. Dit hebben we weergegeven in afbeelding 4. Tussen basis en emitter hebben we een kleine 1,5-V-batterij aangesloten, met de pluspool aan de emitterkant. De weerstand dient om de stroom te beperken. Er gaat nu een klein stroompje lopen van de plus van batterij B_2, via de emitter-basisdiode (die in doorlaatrichting is aangesloten) en via de weerstand naar de minpool van B_2. Het wonderlijke is nu dat er een veel grotere stroom gaat lopen van de plus van B_1, via de emitter, de basis en de collector naar de min van B_1. Dit is niet logisch en het is ook alleen maar te verklaren door diep in het inwendige van de transistor te duiken. Dat zullen we niet doen. Neemt u maar aan dat de collectorstroom een aantal keren groter is dan de basisstroom. We noemen dit de *gelijkstroomversterking*.
De volgende stap is dat we de basisstroom gaan variëren, bij voorbeeld door aan de potentiometer P in afbeelding 5 te draaien. De basisstroom zal dan beurtelings toe- en afnemen, maar hij verandert alleen van grootte en niet van richting. Dit is in de grafiek van afbeelding 6 weergegeven. De veranderende basisstroom is eigenlijk samengesteld uit een gelijkstroom en een wisselstroom.
We hebben in afbeelding 4 gezien dat de collectorgelijkstroom groter is dan de basisgelijkstroom. Maar ook de veranderingen van de basisstroom komen als grotere veranderingen in de collectorstroom tevoorschijn. Anders gezegd: het wisselstroomdeel van de basisstroom komt versterkt in de collectorstroom voor. We noemen dit de *wisselstroomversterking*.



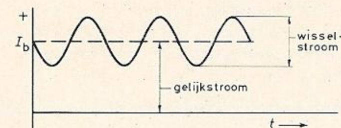
Afb. 3



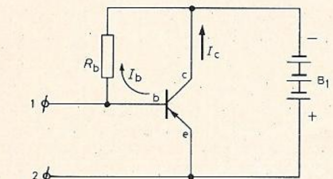
Afb. 4



Afb. 5



Afb. 6



Afb. 7

Het versterken van wisselstromen

Het komt natuurlijk niet vaak voor dat we de basisstroom van een transistor met de hand variëren. In de praktijk hebben we meestal te doen met kleine ,,natuurlijke'' wisselstroompjes, bij voorbeeld een platenspeler, die we willen versterken. Een transistor kan echter niet zonder meer wisselstroom verwerken en versterken want bij een echte wisselstroom verandert niet alleen de grootte van de stroom voortdurend, maar ook de richting. Als we aan de basis een echte wisselstroom zouden toevoeren, zou de basis-emitterdiode alleen de positieve halve perioden doorlaten en de negatieve halve perioden tegenhouden. Het handigheidje om deze moeilijkheid te omzeilen zijn we in deze aflevering al eerder tegengekomen; om precies te zijn: in afbeelding 6. We kunnen best een wisselstroom door de basis-emitterdiode sturen, als we maar zorgen dat de stroomrichting nooit kan omkeren. Dat kunnen we bereiken door ervoor te zorgen dat de basisgelijkstroom altijd groter is dan de ,,amplitude'' van de wisselstroom die we willen versterken. Eigenlijk hebben we nu niet meer te doen met een wisselstroom, maar met een variërende gelijkstroom, zoals uit afbeelding 6 blijkt.
De hulp-gelijkstroom of instelstroom kunnen we verkrijgen op de manier van afbeelding 4, dus met een extra batterij. Maar dat is natuurlijk niet erg praktisch. Veel beter is het een naar verhouding grote weerstand op te nemen tussen de basis en de minaansluiting van de voedingsbatterij B_1, zoals in afbeelding 7 is getekend. Er loopt nu een constante kleine gelijkstroom van de pluspool via de emitterbasisdiode en de weerstand naar de minpool, die een grotere collectorgelijkstroom tot gevolg heeft. Beide gelijkstromen worden gebruikt om de wisselstromen, waarom het ons te doen is, te laten meerijden.

De te versterken wisselstroom vloeit tussen de punten 1 en 2, dus ook door de basis-emitterdiode. Die wisselstroom wordt dikwijls veroorzaakt door een *wisselspanning* die wordt aangesloten tussen de punten 1 en 2. Meestal willen we deze *spanning* versterken. Weliswaar leidt de basiswisselspanning tot een basiswisselstroom, maar deze heeft alleen een versterkte collectorwisselstroom tot gevolg. Van die collectorwisselstroom kunnen we echter op eenvoudige wijze een collectorwisselspanning maken door een weerstand op te nemen in de collectorleiding, zoals in afbeelding 8 is getekend. Door deze weerstand zal de variërende collectorstroom lopen en daardoor zal over de weerstand een variërende spanning ontstaan, waarvan het wisselspanningsgedeelte groter is dan de oorspronkelijke wisselspanning tussen 1 en 2. Met andere woorden: hoewel een gewone transistor in feite een wisselstroomversterker is, kunnen we hem door middel van enkele eenvoudige trucjes gebruiken als wissel*spannings*versterker.
De wisselspanning die over de collectorweerstand ontstaat zouden we kunnen gebruiken om een volgende transistor te besturen, zodat de wisselspanning nog meer versterkt wordt.

Versterkerschakelingen

Voordat we op de hierboven beschreven wijze een echte versterker met meer transistors kunnen gaan maken, moeten we eerst nog enkele problemen oplossen.
Als we in afbeelding 8 tussen 1 en 2 een wisselspanningsbron aansluiten, zal deze invloed hebben op de gelijkstroom door R_b, die we gebruiken om de transistor ,,in

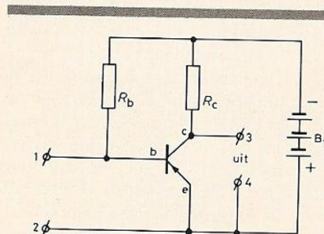
te stellen''. De instelling van de transistor kan dus verstoord worden.
Voor de ,,uitgang'', punt 3, geldt in zekere zin hetzelfde. We kunnen dit punt niet zonder meer met de basis van de volgende transistor verbinden. Deze problemen kunnen eenvoudig worden opgelost door ,,voor'' en ,,achter'' een condensator te gebruiken met een capaciteit die voldoende groot is om de wisselspanningen vrijwel ongehinderd door te laten. De condensatoren blokkeren de gelijkstroom, zodat de instelling van de transistor altijd gehandhaafd blijft, onverschillig wat we op de ingang en de uitgang aansluiten. Op die wijze ontstaat de schakeling van afbeelding 9.

Het lijkt erop alsof we er nu zijn, maar dat is niet zo. Een complicatie is namelijk dat transistors van nature niet erg stabiel zijn. De temperatuur heeft grote invloed op de instelling van de transistor. En daarmee moeten we terdege rekening houden, want niet alleen kan de omgevingstemperatuur sterk variëren, de transistor wordt ook verwarmd door de elektrische stroom die erdoor vloeit. En het ongelukkige is dat de collectorstroom de neiging heeft groter te worden naarmate de temperatuur van de transistor hoger is. Die grotere collectorstroom veroorzaakt dan weer meer warmte-ontwikkeling in de transistor met als gevolg dat de collectorstroom nog meer stijgt. Er treedt dus een soort sneeuwbaleffect op, waardoor de transistor als het ware op hol slaat. In de praktijk is een transistor dan ook altijd zo geschakeld dat dit effect afdoende wordt tegengegaan. Een eenvoudige methode is weergegeven in afbeelding 10.

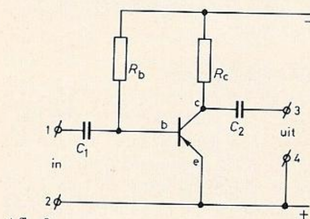
Zodra de transistor de neiging krijgt meer stroom te gaan trekken, zal over de collectorweerstand een hogere spanning ontstaan (volgens de Wet van Ohm). Het gevolg is dat de spanning op de collectoraansluiting lager, dus minder negatief wordt. Door de basisweerstand R_b, die met dit punt verbonden is, zal een kleinere stroom gaan lopen. De basisstroom wordt dan ook kleiner en dit leidt weer tot het afnemen van de collectorstroom. De neiging van de collectorstroom om toe te nemen wordt dus tegengewerkt. Als de waarde van de weerstanden R_c en R_b zo wordt gekozen dat de spanning tussen emitter en collector even groot is als die tussen collector en minleiding, kan in ieder geval geen overbelasting meer optreden door eigenzinnig gedrag van de transistor. Dit is de zogenaamde ,,halve-spanningsmethode''.

Andere methoden
De ,,halve-spanningsmethode'' heeft een aantal nadelen, zoals de beperkte ontwerpvrijheid. Bovendien worden niet alleen de langzame veranderingen van de collectorstroom (die het gevolg zijn van temperatuurwisselingen) tegengegaan, ook de snelle. Met andere woorden: de versterking vermindert. Er is hier sprake van *tegenkoppeling,* een begrip waarop we later nog terug zullen komen.
Een betere methode om de transistor te stabiliseren tegen temperatuurwisselingen is weergegeven in afbeelding 11. De basisspanning, en daarmee de basisruststroom, wordt betrokken van een vaste spanningsdeler tussen plus en min (R_{b1} en R_{b2}).

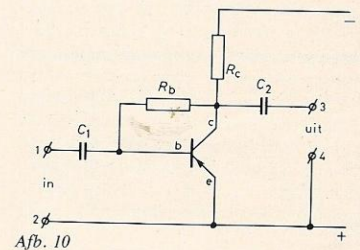
In de emitterleiding is de weerstand R_e opgenomen, die een betrekkelijk lage weerstandswaarde heeft.
Wat gebeurt en nu als de temperatuur van deze transistor stijgt? Dan neemt de collectorstroom toe. Maar ook de emitterstroom zal dan toenemen, met als gevolg dat de spanning over de emitterweerstand stijgt. De spanning op de basis, afkomstig van de spanningsdeler, blijft echter redelijk constant. Het gevolg van dit alles is dat de spanning over de basis-emitterdiode afneemt. Daardoor neemt de basisstroom af en dit leidt ertoe dat de collectorstroom en dus ook de emitterstroom kleiner worden. Een toenemende collectorstroom wordt dus tegengewerkt door een afnemende basis-emitterspanning. Het effect is hetzelfde als in afbeelding 10: de collectorstroom kan bij stijgende temperatuur maar een heel klein beetje toenemen. Maar ook hier geldt dat niet alleen voor de langzame collectorstroom-veranderingen, maar ook voor de snelle. Ook hier wordt door tegenkoppeling de versterking veranderd. Dit kan worden vermeden door over de emitterweerstand een *ontkoppelcondensator* te monteren (in afbeelding 11 gestippeld getekend), die een voldoende grote capaciteit moet hebben. Deze laat de wisselstroom vrijwel ongehinderd passeren, zodat hij de emitterweerstand voor de wisselstroom als het ware kortsluit. Voor wat de wisselstroom betreft is er dus geen emitterweerstand, dus ook geen tegenwerking. Voorwaarde voor het goed functioneren van deze schakeling is wel dat de weerstanden en condensatoren de juiste waarden hebben.
De schakeling van afbeelding 11 werd vooral in het begin van het transistortijdperk veelvuldig toegepast. Een kenmerk van de schakelingen uit die tijd is ook dat de pluspool van de voeding met massa is



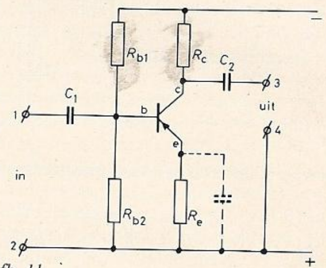
Afb. 8



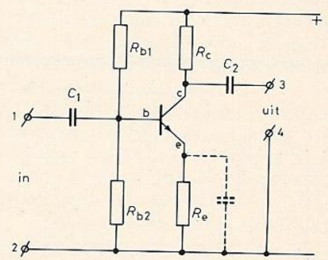
Afb. 9



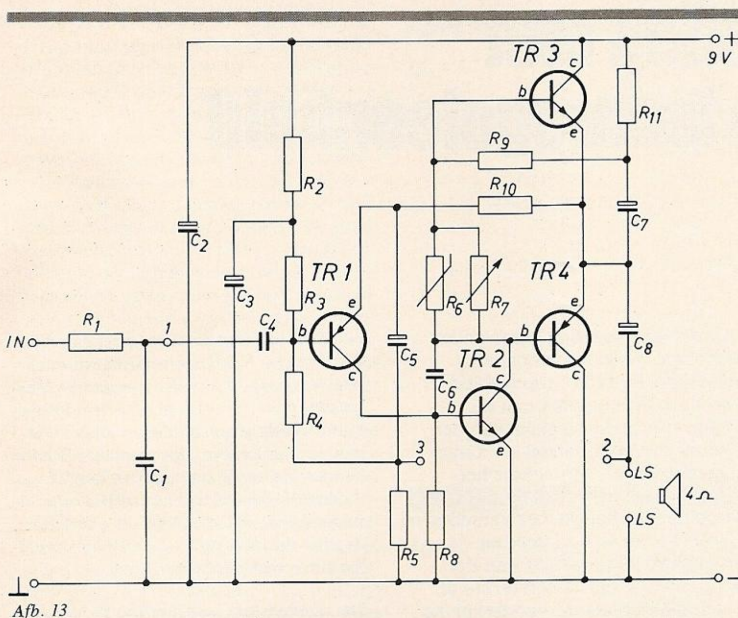
Afb. 10



Afb. 11



Afb. 12



Afb. 13

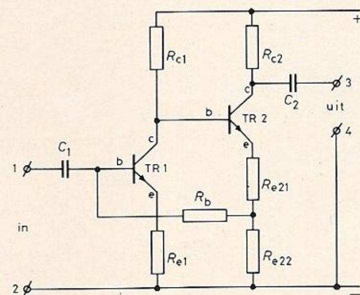
verbonden en de minpool met de voedingslijn. Dit komt doordat de eerste (germanium) transistors van het PNP-type waren en pas later de NPN-typen, meestal van silicium, hun intrede deden. De schakeling van afbeelding 11 kunnen we echter zonder bezwaar ook uitvoeren met een NPN-transistor; dan ontstaat het schema van afbeelding 12. Merk op dat de pijl in de emitterleiding van de basis af wijst en dat plus en min verwisseld zijn.

PNP en NPN door elkaar
Soms worden PNP- en NPN-transistors door elkaar gebruikt, bij voorbeeld in de eindtrap van sommige versterkers. Twee voorbeelden van dit ,,gemengd dubbel'' vinden we in de 2,5-W-versterker NL 7014 (zie afbeelding 13). Zowel in de voorversterker (TR_1 en TR_2) als in de eindtrap (TR_3 en TR_4) worden een PNP- en een NPN-transistor gecombineerd. In dit schema, met de min aan massa, staan TR_2 en TR_4 als het ware op hun kop.

Iets dergelijks kunt u vinden in de versterkers NL 3407 en NL 3606 die elders in dit nummer van Hobbyskoop zijn beschreven.

In dergelijke schakelingen zorgt men er altijd voor dat de transistors goed gestabiliseerd zijn en niet op hol kunnen slaan, maar de methoden die wij hier hebben beschreven zijn dikwijls moeilijk terug te vinden.

Vergroten van de versterking
Met één transistor is maar een beperkte versterking mogelijk, vooral als we eisen aan de kwaliteit stellen. Dan kunnen we namelijk niet uit een transistor halen wat erin zit en hebben we al gauw twee of drie achter elkaar geschakelde transistors nodig. We kunnen natuurlijk een aantal schakelingen zoals in de afbeeldingen 11 en 12 zijn getekend, achter elkaar schakelen, maar ook dat is niet ideaal, vooral door de aanwezigheid van de koppelcondensator C_2. Die condensator kunnen we vermijden door de in afbeelding 14 getekende schakeling toe te passen, waarbij de twee NPN-transistors direct, dus zonder koppelcondensator, met elkaar verbonden zijn. Dit kan alleen als de gelijkspanning tussen de



Afb. 14

collector van TR_1 en de plusleiding een zodanige waarde heeft, dat de basis van TR_2 de juiste voorspanning krijgt en de juiste basis-instelstroom gaat lopen.
De stabilisatie van beide transistors is gecombineerd. Dat kunnen we inzien door te veronderstellen dat de collectorstroom van TR_1 wil toenemen als gevolg van een stijging in temperatuur. Dan neemt de spanning over weerstand R_{c1} toe, dus de collector van TR_1 en daarmee de basis van TR_2 worden minder positief. Dit heeft tot gevolg dat de collectorstroom en dus de emitterstroom van TR_2 kleiner wordt.

Daardoor zal de spanning op het knooppunt van R_{e21} en R_{e22} eveneens minder positief worden (de stroom door R_{e22} wordt kleiner, dus ook de spanning over deze weerstand wordt lager). De basis van TR_1 is via een weerstand met dit knooppunt verbonden, dus zal ook de basis van de eerste transistor een lagere instelspanning krijgen. Deze verlaging van de basisspanning werkt de dreigende toeneming van de collectorstroom tegen en de cirkel is dus rond.

Na het voorgaande kunt u zelf nagaan wat er gebeurt als de collectorstroom van TR_2 wil toenemen. U zult zien dat ook deze toeneming wordt afgeremd. In de praktijk zal het zelden voorkomen dat de collectorstroom van één transistor wil toenemen (of afnemen), want als de temperatuur van de omgeving stijgt zullen beide collectorstromen de neiging hebben toe te nemen.

Uit het voorgaande blijkt echter dat een toeneming van de collectorstroom van bij voorbeeld TR_1 onmiddellijk leidt tot een afneming van de collectorstroom van TR_2 en omgekeerd. Daardoor is de stabilisatie nog beter dan wanneer elke transistor afzonderlijk gestabiliseerd zou worden, bij voorbeeld door tweemaal de schakeling van afbeelding 12 te gebruiken.
Ook in de schakeling van afbeelding 14 geldt natuurlijk dat zij alleen goed functioneert als de weerstanden de juiste waarden hebben. Het berekenen daarvan is echter geen eenvoudige zaak.

Tot dusver hebben we de transistor alleen gebruikt als versterker, maar we kunnen ook nog andere dingen doen met een transistor. Bovendien hebben we ons beperkt tot een aantal varianten van één en dezelfde principeschakeling van de transistor, namelijk de zogenaamde geaarde-emitterschakeling. Er bestaan ook nog geaarde-collector- en geaarde-basisschakelingen. Over al die mogelijke schakelingen zullen wij het een volgende keer hebben.

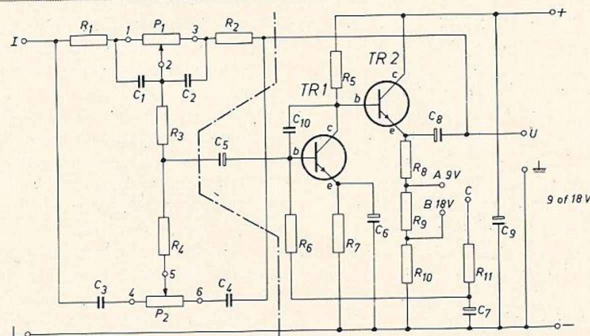
Presentieregeling met omgebouwde toonregeleenheid

In de reeks stereovoorversterkers met elektronische regeling komt onder het typenummer NL 3415 een ,,presence/absence''-regeling voor, een schakeling waarmee het mogelijk is het middendeel van het toongebied extra te versterken of te verzwakken. Doordat de frequenties van de menselijke stem juist in dit gebied liggen, kunt u met de regelaar van een dergelijke schakeling uw geliefkoosde zangeres een beetje meer de kamer intrekken of, omgekeerd, onwelluidend zingende vocalisten achter het orkest frommelen. Dit alles uiteraard binnen bepaalde grenzen.
Ook kunt u met een dergelijke eenheid tot op zekere hoogte het verschijnsel corrigeren dat veel programma's met afwisselend muziek en gepraat kenmerkt, namelijk het verschijnsel dat de muziek luider klinkt dan de stem van de omroeper of omroepster. Als de muziek op kamersterkte is afgeregeld is de omroeper dikwijls niet te verstaan en als de versterker zo is ingesteld dat de omroeper verstaanbaar is, knalt telkens de muziek eruit, tot ergernis van de omwonenden. Hoewel Hilversum de laatste tijd bedacht is op dit verschijnsel, kan een presentie-regeling de niveau-verschillen tussen de plaatjes en de praatjes nog verder verkleinen.

Omgebouwde toonregeleenheid R 6903
Door het succes van de NL 3415 is de belangstelling voor presentieregelingen sterk gestegen en daardoor werd het als een gemis gevoeld dat in de inmiddels beroemde serie onderdelenpakketten voor monovoorversterkers (R 6905, R 6903, R 6913 enz.) geen presentieregeling voorkomt. Het blijkt echter dat de toonregeleenheid R 6903 uit deze serie vrij eenvoudig kan worden veranderd tot het beoogde doel. Daartoe moet het gedeelte links van de streeplijn in afbeelding 1 worden vervangen door de schakeling die links van de streeplijn in afbeelding 2 is getekend. Om verwarring te voorkomen hebben wij de nieuwe onderdelen andere nummers gegeven dan de oorspronkelijke onderdelen die weggelaten moeten worden. Van het oorspronkelijke pakket worden de volgende onderdelen dus niet gebruikt: R_1, R_2, R_3, R_4, C_1, C_2, C_3, C_4 en C_{10}. De potentiometers P_1 en P_2 worden niet meegeleverd en omdat ze niet nodig zijn hoeven ze dus ook niet afzonderlijk te worden gekocht. De extra onderdelen die nodig zijn hebben wij samengevat in een lijstje.
Voordat met de montage wordt begonnen, ook die van het onveranderd blijvende deel, kunt u het beste eerst het montageplaatje aanpassen. Daartoe dienen acht gaatjes van 1,3 à 1,5 mm te worden geboord op de plaatsen die in afbeelding 3 met een dikke stip zijn gemerkt. Daarna kunnen de extra onderdelen worden gemonteerd zoals eveneens in afbeelding 3 is aangegeven. De rest van de schakeling, dus het deel dat onveranderd blijft, monteert u volgens de handleiding.

De ,,bovenste'' aansluitdraden van R_{16}, R_{14} en C_{13} worden aan de koperzijde van het montageplaatje naar elkaar toegebogen en aan elkaar gesoldeerd. De ,,bovenste'' aansluitdraad van R_{17} loopt over enkele andere aansluitdraden heen. Om kortsluiting te voorkomen kan deze draad daarom het beste van een stukje isolatiekous worden voorzien.
De potentiometer P_3 wordt aangesloten op de punten 4, 6 en 7, waarbij punt 7 in ieder geval moet worden verbonden met het middencontact (de loper). De potentiometer moet zo geschakeld zijn dat de presentie maximaal is als hij helemaal naar rechts gedraaid is. Als hij verkeerd om regelt, moeten de aansluitingen 4 en 6 worden verwisseld.

Bepaling van het frequentiegebied
Het is wat vaag om te zeggen dat met een presentieregeling het gebied van de middentonen kan worden opgehaald. In feite is er één bepaalde frequentie waarbij de versterking maximaal is en loopt deze zowel naar de kant van de hoge als van de lage tonen geleidelijk afloopt. In afbeelding 4 is dit aangegeven.
De frequentie waarbij de piek in de frequentiekarakteristiek het hoogst is, noemt men de centrumfrequentie. De hoogte van deze frequentie hangt af van de capaciteitswaarde van de condensatoren C_{11}, C_{12} en C_{13}. In de tabel zijn de waarden aangegeven voor centrumfrequenties van 1000, 2000 en 4000 Hz. In afbeelding 4 zijn alleen de karakteristieken voor centrumfrequenties van 1000 en 4000 Hz getekend. Die voor een centrum-



Afb. 1

frequentie van 2000 Hz ligt hiertussenin. Het is niet mogelijk aan te geven bij welke centrumfrequentie de presentieregeling het beste werkt. Dat hangt onder meer af van uw persoonlijke voorkeur. Het kost u echter maar enkele condensatoren om dit uit te proberen. Monteer de drie bij elkaar behorende condensatoren dan zo, dat u ze weer gemakkelijk kunt verwijderen en vervangen door een ander trio, totdat u de juiste centrumfrequentie hebt gevonden. Geroutineerde hobbyisten zullen er trouwens niet tegenop zien alle drie de combinaties te monteren (op een apart plaatje montageprint of iets dergelijks) en de condensatoren omschakelbaar te maken met behulp van een driestandenschakelaar met drie moedercontacten.

Als u opziet tegen dit onderzoek en tegen het omschakelbaar maken, en u meteen een keus wilt doen, kunt u het beste de centrumfrquentie bij 2000 Hz kiezen.

Het is van belang dat de opgegeven capaciteitswaarden zo nauwkeurig mogelijk worden benaderd, ondanks de ,,vreemde'' waarden. Een condensator van 9 nF bij voorbeeld zult u tevergeefs zoeken, want dit is geen gangbare handelswaarde. Omdat condensatoren echter in het algemeen een ruime tolerantie hebben, kunt u proberen met behulp van een meetbrug een exemplaar uit te selecteren uit een aantal condensatoren waarvan de opgegeven capaciteit in de buurt van de 9 nF komt. Ook zou u twee condensatoren, bij voorbeeld 5600 pF en 3300 pF (samen 8900 pF = 8,9 nF), parallel kunnen schakelen. Dit alles neemt niet weg dat de schakeling ook bij gebruik van condensatoren met een capaciteit van 10 nF (wèl een handelswaarde) nog redelijk functioneert.

Het is wel van groot belang dat de capaciteiten van C_{11} en C_{12} zo goed mogelijk aan elkaar gelijk zijn.

De regelkarakteristiek van de omgebouwde R 6903 is weergegeven in afbeelding 4, die op dezelfde schaal is getekend als de toonregelkarakteristiek in de handleiding van de R 6903.

Lijst van benodigde onderdelen

(Voor stereo zijn alle onderdelen tweemaal nodig)

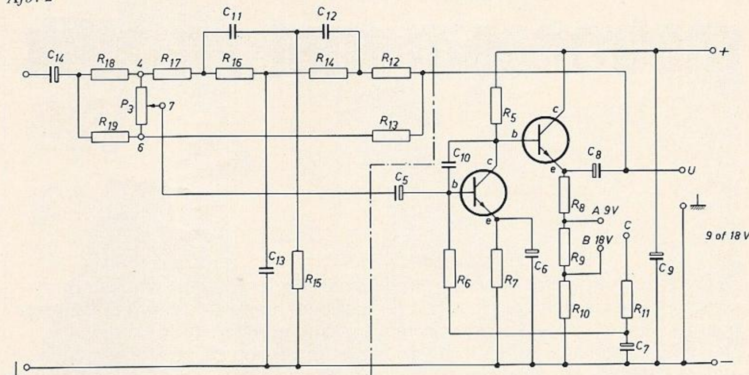
Onderdelenpakket R 6903

R_{12}	3,9 kΩ	Alle weerstanden zijn koolweerstanden, 1/4 of 1/8 watt
R_{13}	22 kΩ	
R_{14}	6,8 kΩ	
R_{15}	3,9 kΩ	
R_{16}	6,8 kΩ	
R_{17}	3,9 kΩ	
R_{18}	22 kΩ	
R_{19}	22 kΩ	

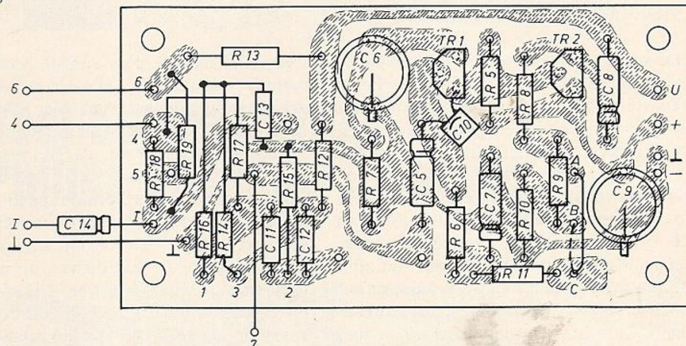
	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
C_{11}	18 nF	9 nF	4,7 nF
C_{12}	18 nF	9 nF	4,7 nF
C_{13}	40 nF	20 nF	10 nF

(1 kΩ = 1000 Ω, 1 nF = 1000 pF)

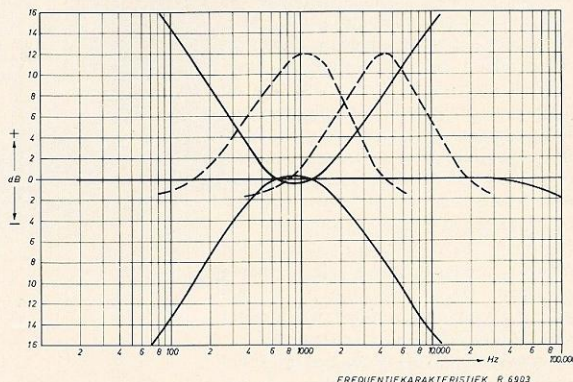
Afb. 2



Afb. 3



Afb. 4: Op deze tekening is met stippellijnen aangegeven hoe de frequentiekarakteristiek van de toonregeleenheid R 6903 verandert, als u hem gebruikt als presentieregeling. De ophaling bij 2000 Hz ligt tussen de twee getekende stippellijnen in.

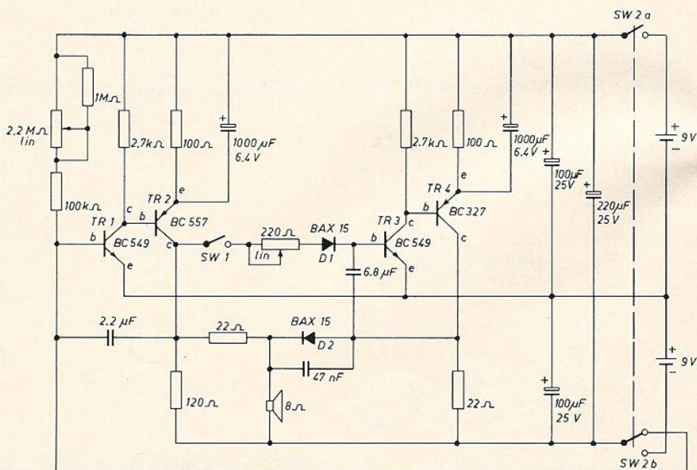


Een elektronische metronoom met maattik

Een metronoom wordt gebruikt om de maat aan te geven en dat kan in verschillende situaties nodig zijn, bij voorbeeld bij muziekstudie of wanneer men de seinkunst op een morsesleutel machtig probeert te worden.
Een goede mechanische metronoom is niet goedkoop en heeft nog enkele andere nadelen. Hij moet zuiver horizontaal staan en u moet hem van tijd tot tijd opwinden. De elektronische metronoom die wij hieronder beschrijven heeft deze nadelen niet. Maar hij heeft nog een ander voordeel: de mogelijkheid maattikken te geven. Elke tweede, derde, vierde of volgende tik klinkt dan wat luider, wat overeenkomt met de tweekwarts-, driekwarts- en vierkwartsmaat.

Hoe werkt een elektronische metronoom?
In nevenstaande afbeelding is het schema van de elektronische metronoom getekend. Het valt onmiddellijk op dat de schakeling twee vrijwel identieke gedeelten bevat, die allebei met een PNP- en een NPN-transistor zijn uitgerust. Bij deze manier van schakelen vormen de PNP- en de NPN-transistor een zogenaamde relaxatie-oscillator. De werking van zo'n oscillator is tamelijk ingewikkeld, maar het komt erop neer dat de oscillator aanvankelijk normaal wil oscilleren, maar hij doet dat zo onstuimig dat hij meteen dichtklapt. Hij blijft dichtgeklapt totdat de condensator tussen de collector van de PNP-transistor en de basis van de NPN-transistor die door dat onstuimige oscilleren tot een vrij hoge spanning opgeladen is, zich weer heeft ontladen via de weerstand van 100 kΩ en de potentiometer van 2,2 MΩ. Dan begint het proces opnieuw: de oscillator oscilleert zeer kortstondig en drukt zichzelf weer dicht. Het gevolg van dit alles is dat er telkens kortstondig een tamelijk grote collectorstroom door de PNP-transistor TR_2 loopt, waarvan een deel door de weerstand van 120 Ω en een ander deel door de luidspreker loopt. Deze veroorzaakt een klik in de luidspreker.
Naarmate de condensator zich sneller ontlaadt, zullen de tikken elkaar sneller opvolgen. De tikfrequentie is dus het grootst als de loper van de potentiometer van 2,2 MΩ helemaal bovenaan staat.
De schakeling rechts is ook een relaxatie-oscillator, met ongeveer dezelfde opbouw. Het belangrijkste verschil is dat de basis van de NPN-transistor TR_3 niet via een weerstand met de plus van de bovenste batterij verbonden is, maar via een diode, een potentiometer en schakelaar SW_1 met de collector van TR_2. Elke keer als de linker-oscillator hikt zal, als SW_1 gesloten is, de condensator van 6,8 μF een beetje worden geladen, waardoor de spanning op de bovenste plaat en op de basis van TR_3 een beetje stijgt. Hoeveel dat is, hangt af van de ingestelde waarde van de potentiometer van 220 Ω. Na twee, drie of meer hikjes van de linker-oscillator zal de condensator van 6,8 μF zover zijn geladen en de basis van TR_3 zoveel in spanning zijn gestegen, dat deze transistor gaat geleiden en de schakeling begint te oscilleren. Er gebeurt nu hetzelfde als we bij de eerste oscillator hebben gezien: de relaxatie-oscillator drukt zichzelf dicht en het proces begint van voren af aan.
Ook van de collectorstroom van TR_4 gaat een deel via diode D_2 door de luidspreker. Als we aannemen dat we de potentiometer van 220 Ω zo hebben ingesteld, dat de rechter-oscillator bij elke vierde tik meehikt, zal er bij elke vierde tik een grotere stroom door de luidspreker gaan en zal een luidere maattik klinken. We hebben dan een vierkwartsmaat.

De schakeling
De schakeling kan het beste worden gebouwd op een plaatje Montaprint of ander gebruiksklaar printmateriaal. Het geheel kan, met de luidspreker en de batterijen, in een doosje worden ondergebracht. Er zijn twee batterijen van 9 V gebruikt omdat de schakeling dan beter gedimensioneerd kan worden. Om de metronoom in en uit te schakelen is dan wel een dubbelpolige schakelaar nodig (SW_2). Om te voorkomen dat de tikken na het uitschakelen reutelend wegsterven, is een dubbelpolige omschakelaar gebruikt, waarvan de onderste sectie (SW_{2b}) bij het uitschakelen



de basis van T_1 flink negatief maakt. De bovenste sectie (SW_{2a}) is als gewone aan-uitschakelaar gebruikt.
Er zijn tamelijk grote buffercondensatoren toegepast die voorkomen dat de batterijen periodiek grote stroomstoten moeten leveren. Daardoor is de stroom die de batterijen leveren tamelijk constant en, wat minstens zo belangrijk is, niet erg groot. Ze gaan dan ook zeer lang mee en het heeft dus weinig zin een netvoedingsapparaat te gebruiken. Dat zou trouwens een bijzonder voedingsapparaat moeten zijn, dat twee spanningen van 9 V kan leveren.
De in het schema aangegeven transistortypen moeten worden gebruikt. Bij toepassing van andere typen is het niet zeker dat de metronoom goed functioneert.
De luidspreker moet een impedantie van 8 Ω hebben. Type AD 4080/X4 verdient de voorkeur. Als u een kleinere luidspreker toepast, wordt de geluidssterkte minder.
Met de potentiometer van 2,2 MΩ wordt de tikfrequentie, dus de snelheid van de metronoom geregeld. Deze potentiometer is als regelweerstand geschakeld. De weerstand van 1 MΩ verbetert het regelbereik, zodat bij verdraaien van de potentiometerknop de snelheid gelijkmatig groter of kleiner wordt.
De andere potentiometer, die een weerstandswaarde van 220 Ω heeft, is eveneens als regelweerstand gebruikt. Met deze regelaar kunt u de maattik instellen. Als de weerstand zo klein mogelijk is (knop helemaal naar links) zal elke tik een maattik zijn. Draait u de knop naar rechts dan zal op een bepaald moment elke tweede tik in een maattik veranderen, bij nog verder draaien elke derde tik en zo voort. Er is steeds een bepaald regelgebied waarbinnen een zekere maat (tweekwarts-, driekwarts-, vierkwartsmaat enz.) wordt verkregen. De potentiometer dient nu ongeveer in het midden van dat gebied te worden ingesteld omdat aan de kanten de kans bestaat dat de metronoom plotseling van de ene in de andere maatsoort overstapt.
De condensatoren die met een open (+) en een opgevulde plaat (—) zijn getekend zijn elektrolytische condensatoren. Let erop dat plus en min niet worden verwisseld. Hoewel het verleidelijk is ook voor de condensatoren van 2,2 μF en 6,8 μF, gezien de hoge waarde van de capaciteit, elektrolytische typen te nemen, moeten we hiertegen toch waarschuwen. De spanningen die over deze condensatoren optreden wisselen van polariteit en in die gevallen mogen geen elektrolytische condensatoren worden gebruikt. Het beste voor dit doel zijn gemetalliseerde polyestercondensatoren.



Veel belangstelling voor Philips stand op „Karwei"



In de Utrechtse Jaarbeurshallen werd in februari de vrijetijdsbeurs „Karwei" gehouden. Voor de eerste maal had ook Philips daar een stand ingericht.

Vele duizenden mensen hebben er kennis kunnen maken met de elektronica als hobby. Er was vooral veel belangstelling voor de alamschakelingen uit het Philips programma. Uiteraard waren een aantal ervan werkend opgesteld.

Zo ook de 2 × 9 W stereoversterker NL 7417, waaraan het Philips elektronisch lichtorgel NL 7330 was gekoppeld (foto links).

Verder waren, behalve een complete werkende mengversterker, ook luidsprekerkits tentoongesteld.

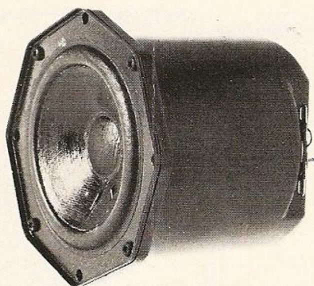
Ook de chemie- en de fysicadoos konden uitgebreid bekeken worden, en uiteraard de EE-dozen voor de beginnende tot en met de vergevorderde elektronicahobbyist (foto boven).



Welke luidspreker(s) hebben we nodig?

Een groot gedeelte van het geluid waardoor de moderne mens is omringd, komt van luidsprekers. De hoeveelheid decibels die deze toestellen met elkaar produceren moet tot een angstwekkende hoogte stijgen. In elk huis zal wel tenminste één radio staan, en meestal een TV-toestel en een afzonderlijke geluidsinstallatie. In auto's, winkels, kantoren, fabrieken, op sportterreinen, in elk café, restaurant, hotelkamers, noemt u maar op. En of dat alles nog niet genoeg is, wordt er ook nog geluid geproduceerd door draagbare toestellen.
Op vakantie, op het werk, gewoon wandelend op straat. Al dat geluid wordt vrijwel zonder uitzondering door luidsprekers voortgebracht.
Het is logisch dat er bij zulk een verscheidenheid in gebruik ook een grote verscheidenheid in ,,speakers'' bestaat, waaruit het niet altijd even makkelijk lijkt om een juiste keuze te maken. In dit en een volgend artikel willen we wat nader ingaan op de vraag welke luidspreker gekozen moet of kan worden voor een bepaalde toepassing. Voor díe lezers die zich voor het eerst met deze materie bezig houden zeggen we eerst iets over het principe van de luidspreker.

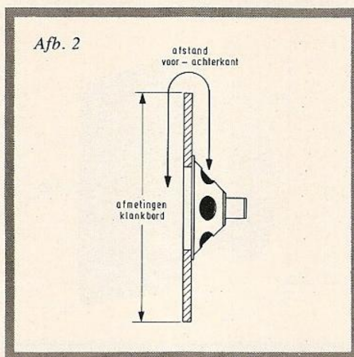
Ideaal en vervorming
We weten dat elektrische trillingen op zichzelf geen geluid voortbrengen. Soms lijkt dat wel zo, bij voorbeeld bij het ,,zoemen'' van een transformator, maar er is dan altijd een medium, een tussenstof die in trilling wordt gebracht en die deze trilling weer overdraagt aan de lucht. En als de lucht in regelmatige trilling wordt gebracht dan spreken we van geluid als het aantal trillingen per seconde van die aard is dat het menselijk oor ze kan waarnemen. Ruwweg is dat van 20 tot 18 000 trillingen per seconde (Hertz of Hz), ofschoon een jong kind daaromtrent sterk van mening kan verschillen met z'n grootouders, vooral waar het de hoge tonen betreft.
Aan de uitgang van een versterker is een signaal beschikbaar dat in ideale toestand exact de geluidsinformatie bevat die we voor de geluidsreproductie nodig hebben. Wederom ideaal zou het zijn als de elektrische trillingen op exact synchrone wijze in geluidstrillingen konden worden omgezet. De kwaliteit van een luidspreker of luidsprekercombinatie wordt eigenlijk voornamelijk bepaald door de mate waarin dat ideaal benaderd wordt. Iedere afwijking van dit ideaal duiden we aan met de naam ,,vervorming''.



Het frequentiegebied van deze speciale middentonenluidspreker (,,squawker'') loopt van 500 . . . 4500 Hz. De resonantiefrequentie ligt bij 210 Hz.

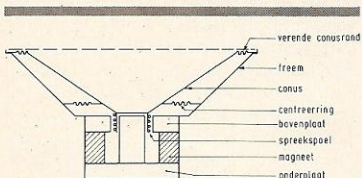
De luidspreker bestaat altijd uit twee delen. In het eerste deel wordt de elektrische trilling in een mechanische omgezet. Dit is het aandrijfsysteem. In het tweede deel (het akoestische systeem) wordt de mechanische trilling zo gunstig mogelijk in een luchttrilling omgezet.
Er zijn verschillende manieren om de mechanische trillingen in het aandrijfsysteem op te wekken. We kennen bij voorbeeld elektromagnetische en elektrostatische systemen. Verreweg het meest komt de elektrodynamische luidspreker voor en van dit type is dan hier ook steeds sprake. Het aandrijfsysteem bij een elektrodynamische luidspreker bestaat uit een heel licht, beweeglijk spoeltje, dat in het veld van een permanente magneet is opgenomen. Wanneer door dat zogenaamde spreekspoeltje een elektrische stroom gaat, dan zal, afhankelijk van de grootte en de richting van die stroom, het spoeltje op en neer gaan. Dit in het ritme van het aangelegde signaal bewegende spreekspoeltje wordt verbonden met de conus van de luidspreker, die de mechanische trillingen omzet in luchttrillingen: geluid.

Het akoestisch systeem van de luidspreker
De luidsprekerconus, die vrijwel altijd van papier is, kan natuurlijk niet zomaar aan het spreekspoeltje in de lucht blijven hangen. Afbeelding 1 laat zien hoe de conus ,,overeind'' wordt gehouden. Namelijk door ondersteuning bij de centreerring, aan de top van de kegel en aan de conusrand, die bevestigd wordt aan een freem, dat meestal van metaal is. Vanzelfspre-



Afb. 2

kend wordt de nauwkeurigheid waarmee de mechanische trillingen worden overgedragen voor een aanzienlijk deel bepaald door de eigenschappen van deze conus.
We zien hier al de eerste beoordelingspunten om de hoek kijken voor de beantwoording van de vraag ,,welke luidspreker?''
Er zijn om te beginnen twee mogelijkheden om de geluidsweergave met de conus te beïnvloeden. We kijken eerst naar de omvang. Het is logisch dat een conus met een grote diameter zich ,,logger'' laat voortbewegen door de spreekspoel dan een conus met een kleine diameter. De snelle opeenvolging van trillingen, dus de hoge tonen, zullen verhoudingsgewijs minder goed worden gevolgd dan de langzame trillingen. De lage tonen worden hier relatief goed weergegeven. Met een kleine conus is het uiteraard precies andersom: lief voor de hoge tonen, slechter voor de lage.
Ook met de diepte van de conus kunnen we wat doen. Een diepe conus kan beter hoge tonen weergeven dan een ondiepe. We zien hieruit dus al dat een ondiepe grote conus zijn uiterste best zal doen om de lage tonen te reproduceren, terwijl de diepe, kleine conus zich voornamelijk in de hoge tonen uitleeft. Er blijkt ook nog een geheel ander feit uit: dat het nauwelijks denkbaar is om een conus te maken die tegelijk groot en klein, diep en ondiep is. Precies: de luidspreker die over het gehele toongebied alle trillingen in de juiste verhouding exact reproduceert, is zonder meer niet met het conusprincipe te realiseren.



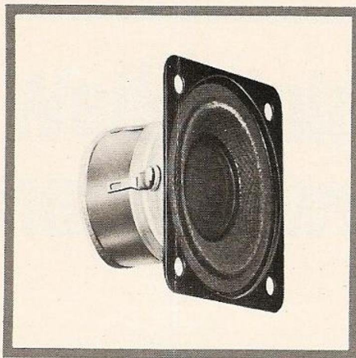
Afb. 1

Er zijn weliswaar ,,universele'' luidsprekers die over een aanzienlijk deel van dat gebied een uitstekende weergavekwaliteit bereiken, maar de ideale luidspreker van zeer laag tot zeer hoog is er gewoon niet. Niettemin kan door een verstandige keuze van luidsprekers-in-combinatie dat ideaal zeer dicht benaderd worden.
Maar is dat altijd nodig? Beslist niet. Een luidspreker voor een AM-radio bij voorbeeld hoeft geen tonen weer te geven boven ongeveer 4500 Hz, want tot zover reikt het frequentiegebied waarin wordt uitgezonden. Alles wat daarboven nog op de luidspreker komt is vervorming en veroorzaakt niet alleen onaangename bijgeluiden, maar ook extra belasting, dus extra verbruik.
In het algemeen gesteld: de beste luidspreker is die, welke zo goed mogelijk past bij de mogelijkheden van de voorafgaande elektronische apparatuur.

't Is niet de luidspreker alleen
De ,,naakte'' luidspreker geeft, zoals ieder wel eens gehoord heeft, niet zo'n plezierig geluid. Het klinkt wat blikkerig en kennelijk is er vooral met de lage tonen iets aan de hand. In het lagetonengebied hebben we inderdaad een probleem; daar hebben we namelijk te maken met de zogenaamde akoestische kortsluiting. Als de conus heen en weer wordt bewogen dan ontstaat aan de ene kant een luchtverdikking door de traagheid van de luchtdeeltjes. Tegelijkertijd ontstaat er een luchtverdunning aan de andere kant van de conus. Er zijn dus luchtdrukvariaties ontstaan die aan elkaar tegengesteld zijn en die zich beide voortplanten, elk langs één zijde van de conus tot ze elkaar aan de rand ontmoeten . . . en dan elkaar opheffen. Nu blijkt dus alle moeite voor niets geweest te zijn, want als trillingen elkaar opheffen dan blijft er geen geluid meer over. Maar, zo dramatisch is dit ook weer niet, want de hogere tonen doen aan dit spelletje nauwelijks mee. Die volgen elkaar zo snel op, dat de luchtveranderingen voor en achter de conus niet de tijd krijgen om te egaliseren. Maar de lage tonen krijgen het zwaar te verduren en om die toch ook de gelegenheid te geven nòg een toontje lager te zingen moeten we die luchtdrukverplaatsingen voor en achter goed van elkaar te zien te scheiden. We bedenken daarbij dat we de trillingen aan de achterkant van de conus helemaal niet nodig hebben om aan de voorzijde goed geluid te krijgen, dus zetten we een scherm tussen voor- en achterkant: het klankbord (zie afbeelding 2). Hierbij moet worden aangetekend dat het verschijnsel van de akoestische kortsluiting in wezen gecompliceerder is dan hier vermeld, maar binnen het kader van dit artikel zou een volledige verklaring wat te ver voeren.

Van bord naar kast
Zo'n bord is bepaald niet niks. Men kan berekenen wat het effekt van een bepaald formaat klankbord is bij een bepaalde frequentie. Als we bij voorbeeld een frequentie van 50 Hz nog redelijk goed willen reproduceren, dan zou dat klankbord zo'n kleine 3,5 meter middellijn moeten hebben om ervoor te zorgen dat de golven voor en achter de conus elkaar niet lastig vallen. Dit nu stuit veelal op enige praktische bezwaren, omdat dan de luidspreker het enige meubilair in een flink vertrek zou zijn, wat de meesten onder ons toch niet voor een goede lagetonenweergave over hebben. Over de problemen bij stereoweergave, dus met twee luidsprekers, praten we dan maar helemaal niet.
Wat doen we dus? We sluiten de trillingen aan de achterkant geheel af van die van de voorkant, waardoor ze geen kwaad kunnen veroorzaken. Dit doen we door de randen van het klankbord als het ware zo om te buigen, dat een doos ontstaat. We kunnen dan een luchtdichte luidsprekerkast krijgen. Zo'n akoestische box is

De hogetonenluidspreker (,,tweeter'')
AD 2290/T.



tegenwoordig de meest gebruikte luidsprekerkast.
We kennen ook de zogenaamde basreflexkast, die erop gebouwd is de luchttrillingen van de achterkant van de conus een dusdanige weglengte (en dus tijdsduur) te geven, dat de trillingen elkaar niet tegenwerken maar juist ondersteunen. Basreflexkasten behoeven een nauwkeurige berekening en uitvoering en worden niet zoveel meer toegepast, te meer omdat met de luchtdichte luidsprekerkast, mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan, uitstekende resultaten kunnen worden bereikt.

De grootte van de luidsprekerkast
Net als we iets onder de knie dreigen te hebben, doemt er weer een ander probleempje op. De conus die nu aan de achterkant in z'n luchtdichte kastje opgesloten zit, veroorzaakt in de luidsprekerkast afwisselend een onder- en een overdruk die weer een bepaalde invloed hebben, namelijk de verhoging van de resonantiefrequentie, een verschijnsel waar we verderop nog nader op ingaan. We kunnen ons voorstellen dat bij een kleine kast of een naar verhouding grote conus de luchtdrukverschillen groter zijn dan bij grote kasten. Omdat beneden de resonantiefrequentie een duidelijk merkbare afval van de lagetonenweergave te horen is, zal men een grote kast nodig hebben om lage tonen goed weer te geven. Het blijkt, dat voor elke luidspreker een bepaalde kastgrootte een optimum betekent.
Naarmate meer stereo werd toegepast werden de toch wel grote kasten als hinderlijke obstakels ondervonden. Dit gold vooral omdat een enkele luidsprekerkast nog wel ergens is weg te stoppen of te camoufleren, maar twee kasten die een bepaalde positie ten opzichte van elkaar moeten innemen gaan toch wel te sterk domineren als de formaten te groot zijn. Daar is weer iets op gevonden door de constructie van kleine luidsprekers (bij voorbeeld het type AD 5061/M4) die speciaal zijn ontworpen om het gehele audiogebied, inclusief de lage tonen, goed weer te geven, *mits* ze in een kleine kast worden gebouwd (met bij voorbeeld een maximale inhoud van 7 dm³, zoals bij de AD 5061). Het gevolg van deze speciale constructie geeft wel aanleiding tot een waarschuwing. Deze luidsprekers zijn namelijk zodanig gebouwd op het functioneren in een kleine box, dat een grotere kast een veel geringere belastbaarheid toestaat. Het is zelfs zo dat zo'n speciale luidspreker zònder kast maar belast mag worden met tien procent van het vermogen dat mèt kast is toegestaan.

Hoog en laag
De luidsprekertechniek heeft zich ontwikkeld in een richting die uitvoeringen voor speciale frequentiegebieden kent. Soms kan een beperkt frequentiegebied voor een bepaalde toepassing wenselijk zijn, dan weer is de mooiste oplossing om zoveel mogelijk van het gehele frequentiegebied weer te geven.
In grote trekken kunnen we drie categorieen luidsprekers onderscheiden:

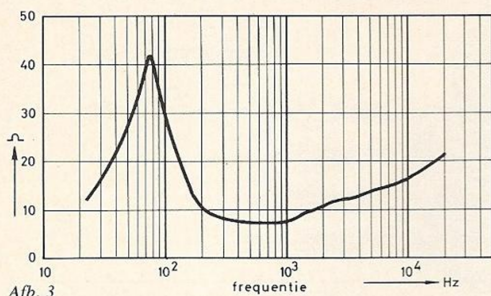
a. luidsprekers voor een zo groot mogelijk frequentiegebied, die universeel toepasbaar zijn. Het Philips luidsprekerprogramma biedt voor deze soort een uitgebreide keuze, van miniatuurtypen tot grote HiFi-luidsprekers.
b. luidsprekers voor een groot frequentiegebied die in een kleine, speciale behuizing een uitstekende weergave bieden, ook van de lage tonen.
c. luidsprekers uitsluitend geschikt voor weergave van een bepaald gedeelte van het frequentiegebied, die hierin ook zeer bijzondere resultaten geven in verhouding tot de afmetingen.
   Deze luidsprekers kunnen alleen tot de juiste prestaties komen in een kast, waarvan de inhoud voor elk type wordt aangegeven. In deze categorie komen behalve luidsprekers voor lage tonen, ook typen voor hoge tonen voor. Ook sommige van de onder a genoemde luidsprekers kunnen in bepaalde gevallen de functie van hogetonenluidspreker vervullen.

Het is begrijpelijk dat de prestaties van een combinatie van twee kleine luidsprekers uit categorie c achterblijft bij een HiFi-luidspreker van grotere afmetingen uit categorie a in een flinke kast. Met de luidsprekers uit categorie c kunnen echter resultaten worden verkregen die in verhouding tot de afmetingen van luidspreker en kast zeer opmerkelijk zijn. Bij hetzelfde kwaliteitsniveau zal een kast met luidsprekers uit categorie c aanzienlijk kleiner kunnen zijn dan een kast met luidsprekers uit categorie a. De mogelijkheden van de luidsprekers uit categorie b in kasten van middelmatige grootte houden het midden tussen die uit de categorieën a en c.
Men kan dus weer in het algemeen zeggen dat de kwaliteit bij elke categorie toeneemt met de afmetingen van de luidspreker en de (voorgeschreven) maten van de kast.

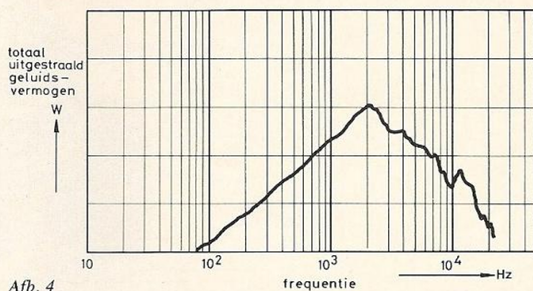
TECHNISCHE BEOORDELINGSNORMEN

Er is, behalve de eigenschappen van kast en conus, nog een aantal gegevens die de kwaliteit en het toepassingsgebied van een luidspreker bepalen. De voornaamste daarvan laten we hier volgen.

De impedantie en de impedantiekromme
De impedantie (*Z*), of wisselstroomweerstand, is een belangrijk gegeven omdat dit bepalend is voor een juiste aanpassing.
Een optimale energie-afgifte wordt bereikt wanneer de impedanties van stroombron en aangesloten verbruikselement gelijk zijn. Heeft de verbruiker, in dit geval dus de luidspreker, een hogere impedantie dan zal de energie-afgifte lager zijn. Is de impedantie lager dan zal dit tot ernstige vervorming en zelfs tot beschadiging van de versterker kunnen leiden.
Als we spreken over een wisselstroomweerstand dan moeten we eigenlijk wel weten bij *welke* frequentie die weerstand wel wordt gemeten, want die waarde kan nogal aanzienlijk verschillen bij voorbeeld bij 100 Hz of 5000 Hz. Er bestaat nu een voorschrift dat de fabrikant deze waarde moet bepalen in het gebied tussen 100 en 500 Hz, waar ook het maximale vermogen uit het gehele frequentiegebied voorkomt. De opgegeven waarde mag niet hoger zijn dan 20% boven de laagst gemeten impedantiewaarde in het aangegeven frequentiegebied.
Het is dus belangrijk bij de keuze van de



Afb. 3



Afb. 4

luidspreker na te gaan of de opgegeven impedantie overeenkomt met de door de fabrikant van de versterker verlangde waarde. Meestal zal de impedantie 4 of 8 Ω bedragen. Vrijwel alle Philips luidsprekers kunnen in die beide impedantiewaarden worden geleverd of gemaakt.

Komen impedanties van versterker en luidspreker niet met elkaar overeen, dan kan een aanpassingstransformator nodig zijn om de juiste verhouding te krijgen.

Een dieper inzicht in de wisselstroomweerstand levert de zogenaamde impedantiekromme, waarbij over het gehele gangbare frequentiegebied de wisselstroomweerstand wordt opgetekend (zie afbeelding 3). We zien uit zo'n kromme niet alleen in welk frequentiegebied de impedantiewaarde ongeveer gelijk blijft, maar ook waar pieken voorkomen die op een mindere geschiktheid van de luidspreker in dat frequentiegebied kunnen duiden.

De belastbaarheid

Een stroombron waartoe we in dit geval ook een versterker kunnen rekenen, kan een bepaald vermogen maximaal afgeven. Een verbruiksapparaat kan een bepaald vermogen maximaal opnemen. Die waarde noemen we de belastbaarheid, abusievelijk ook wel eens als vermogen aangeduid. Deze belastbaarheid geeft aan dat dit de waarde is die opgenomen kan worden zonder kans op beschadiging; boven die aangegeven waarde is dat gevaar wel aanwezig, en wel erger naarmate de belasting verder boven de opgegeven waarde uitkomt. Wie wel eens het ongeluk heeft gehad per abuis een luidspreker op de netspanning aan te sluiten, weet dat aan de verbrande resten van de spreekspoel te zien is wat ,,overbelasting'' kan betekenen.

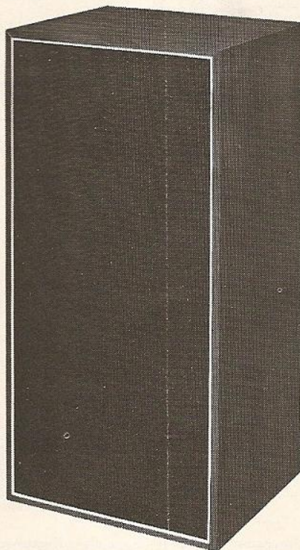
Opnieuw dus weer een belangrijk gegeven. Aangetekend moet worden dat het aansluiten van een veel te zware luidspreker (bij voorbeeld een 20-W-luidspreker op een 6-W-versterker) op zich nooit kwaad kan. Het kan wel zonde van het geld zijn. Een luidspreker aansluiten op een versterkeruitgang met een te groot vermogen kan echter wel degelijk kwaad. Het beste is om de luidspreker iets overgedimensioneerd te hebben, dus hem bij voorbeeld zo te kiezen dat die nog wel een flinke marge laat tussen het maximale vermogen van de versterker en de maximale belastbaarheid van de luidspreker.

De vermogenskromme en het rendement

Zoals we bij de impedantiekromme bij een groot aantal frequenties de impedantie hebben gemeten, kunnen we ook bij die frequenties het *uitgestraalde* vermogen meten (hetgeen dus iets geheel anders is dan het opgenomen vermogen).

We kunnen hierbij niet, zoals bij de impedantie, met de opgave van één enkele waarde volstaan want daarvoor is het vermogen veel te frequentie-afhankelijk (zie afbeelding 4).

De complete luidsprekerkast NL 35 K.



Voor een juiste meting wordt de spanning op de luidsprekeringang bij elke te meten frequentie gelijk gehouden en vervolgens wordt volgens een bepaalde methode het totale aan de omgeving afgestane vermogen gemeten. Nu is een luidspreker geen machientje waarvan een nuttig effekt van zo'n 90% verwacht mag worden. De verhouding tussen het uitgestraalde vermogen is bij luidsprekers zo ongeveer 1 : 100 tot 1 : 15. De uitgevoerde meting geeft dus een maat voor het rendement dat we kunnen uitdrukken met

$$\eta = \frac{\text{akoestisch vermogen}}{\text{elektrisch vermogen}} \times 100\%$$

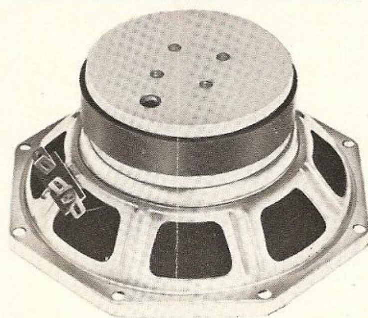
Zoals uit het voorafgaande bleek zal het rendement bij luidsprekers zich bevinden tussen 1 en 5 procent.

Uit het rendement weten we hoeveel geluidsenergie we de ruimte kunnen ,,inblazen'' als we het afgegeven vermogen van de versterker kennen. In het algemeen is deze wetenschap niet zo interessant als het om een enkelvoudig luidsprekersysteem gaat. We hebben immers meestal voldoende vermogen ter beschikking om het gewenste geluidsniveau te krijgen. Maar het wordt anders als een aantal luidsprekers wordt gecombineerd, al of niet in één kast. Als zich daarbij bij voorbeeld een speciale hogetonenluidspreker bevindt met een rendement dat duidelijk hoger ligt dan dat van de andere luidspreker(s), dan zullen die hoge tonen verhoudingsgewijs veel te luid klinken. Dergelijke verschillen in rendement kunnen eventueel met weerstanden worden gecorrigeerd.

De frequentiekarakteristiek

Als in de ,,dode kamer'' (waarin dus bijna geen geluiden van buiten doordringen en waar ook geen geluiden weerkaatst worden) een reeks frequenties met constante sterkte op de luidsprekerspoel wordt gezet en de geluidsdruk wordt op een vaste afstand vanaf de luidspreker gemeten, dan

De resonantiefrequentie van de lagetonen-luidspreker („woofer") AD 7066/W ligt bij 45 Hz.



ontstaat een curve die karakteristiek is voor dit bepaalde luidsprekertype: de frequentiekarakteristiek (afbeelding 5). De geluidsdruk wordt gemeten via een zogenaamde meetmicrofoon, een goed geijkt instrument waardoor nauwkeurig de geluidssterkte op bij voorbeeld een vaste afstand van 50 centimeter van de luidspreker in dB kan worden opgetekend. Meestal wordt de nullijn van de geluidsdruk in dB gekozen op de grens juist boven een altijd aanwezig stoorniveau. Dit punt wordt met 0 dB aangegeven. We zien dan op de karakteristiek waar de geluidsdruk boven het stoorniveau uitstijgt en ook waar het maximum bereikt wordt, kortom hoe de „kale" luidspreker zich gedraagt.

Men moet bij het beoordelen van de luidsprekerkarakteristiek weten of inderdaad de luidspreker zonder kast of klankbord is gemeten en er dan rekening mee houden dat vooral voor de lage tonen de karakteristiek van een wel-behuisde luidspreker heel wat gunstiger kan zijn dan in de kromme tot uitdrukking komt.

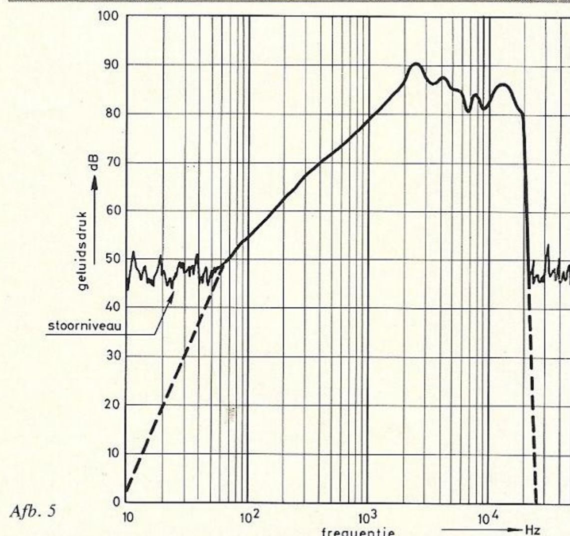
De resonantiefrequentie

De luidsprekerconus heeft zoals alle verend opgehangen systemen een bepaalde eigen frequentie of resonantiefrequentie. Er is bij die frequentie dus maar weinig energie nodig om de conus in beweging te brengen. Uiteraard zien we dan ook bij een constant toegevoerd vermogen aan het systeem hier de grootste amplitude optreden.

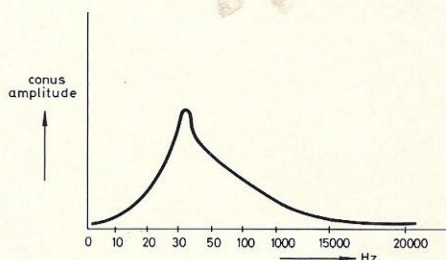
Deze resonantiefrequentie (zie afbeelding 6) hangt af van de totale bewegende massa en de soepelheid waarmee die is opgehangen. Hierbij wordt aangetekend dat deze massa niet slechts het eigen gewicht van de conus betreft. Ook wordt meegerekend de zogenaamde „luchtbelasting", dat is de belasting die de conus ondervindt doordat bij trilling ervan telkens de weerstand van de te verplaatsen lucht overwonnen moet worden. Het zal duidelijk zijn dat deze luchtbelasting in een gesloten kleine kast groter zal zijn dan in de open ruimte. Daardoor zal de resonantiefrequentie voor een luidspreker met kast ook anders – met name hoger – zijn dan zonder kast. Hoe kleiner de kast des te hoger de resonantiefrequentie.

Het is duidelijk dat de resonantiefrequentie een zeer belangrijk gegeven vormt. Beneden deze frequentie neemt de weergave al snel dusdanig af, dat we dit gebied wel als onbruikbaar kunnen beschouwen. Voor een speciale hogetonenluidspreker zal men niet veel moeite doen om de resonantiefrequentie laag te houden. Maar bij een universele luidspreker en bij speciale lagetonenluidsprekers is een lage resonantiefrequentie van groot belang.

Wordt vervolgd



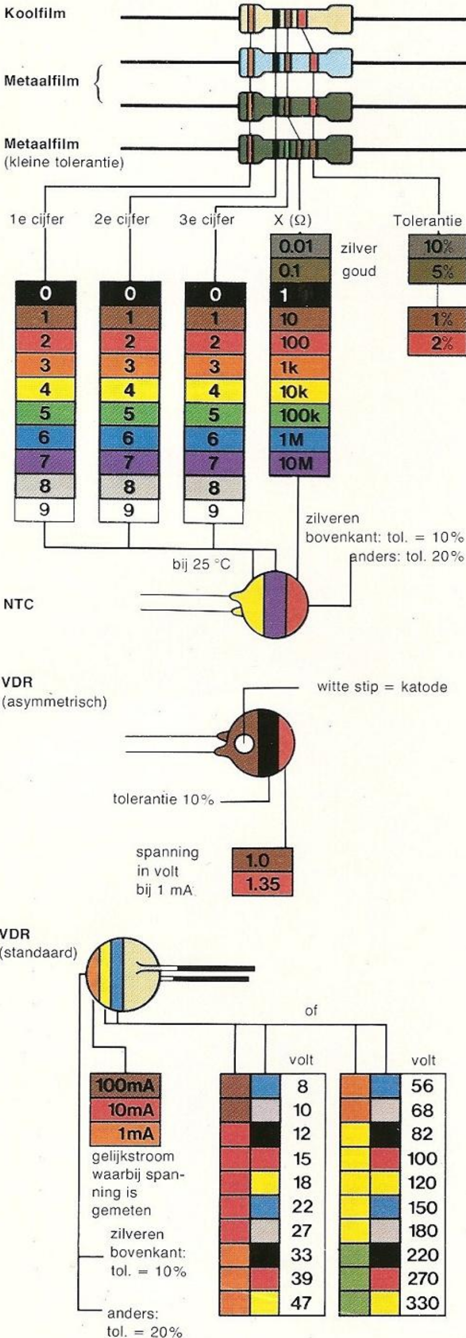
Afb. 5



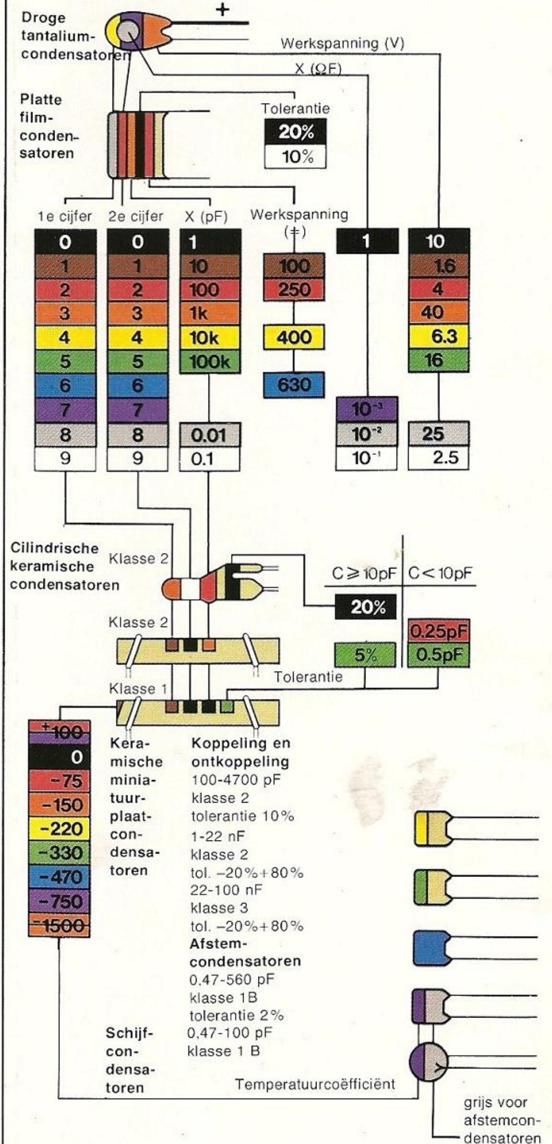
Afb. 6

Kleurcode

Weerstanden



Condensatoren



'n mengversterker met professionele eigenschappen

Philips mengversterkers voor zelfbouw:

- Keuze uit 11 zelfbouweenheden, compleet met alle elektronische en mechanische onderdelen.
- Tal van combinaties mogelijk. U bouwt precies die mengversterker die u wilt hebben.
- Zeer lage vervormingscijfers. Gemiddeld 0,05% bij nominale uitgangsspanning.
- Hoge signaal-ruisverhoudingen. Bijvoorbeeld –59 dB voor de microfoon-voorversterker.
- Oversturing mogelijk tot ver boven de opgegeven maximum-waarden.
- Stevige kast met toebehoren leverbaar, geschikt voor maximaal 12 eenheden.

Een brochure met gedetailleerde informatie is verkrijgbaar bij uw onderdelenhandelaar of kunt u aanvragen bij Philips Nederland B.V., Afd. Elonco Publiciteit VB 9-35, Eindhoven.

PHILIPS

